

北陸新幹線（敦賀・新大阪間）  
京都市周辺域に係る地下水検討委員会

報 告 書

令和8年3月

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
北陸新幹線建設局



## はじめに

北陸新幹線（敦賀・新大阪間）京都市周辺域に係る地下水検討委員会（以下、「委員会」という）は、独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北陸新幹線建設局の事業である北陸新幹線事業（以下、「本事業」という）に係る水文・水環境に対して、第三者的な立場から指導・助言する機関として設置されました。委員会の目的は、水文・水環境への本事業の影響を回避・低減するために、適切な助言を行うこととしています。

委員会では、京都市及びその周辺域並びに京都北部山岳区間の地形・地質や地下水等の状況、過去の地下構造物施工事例を整理・把握するとともに、解析モデルの妥当性を確認のうえ、地下構造物施工に伴う地下水等への影響について、三次元水循環解析モデルを用いて予測検討を行いました。

そのうえで、令和5年度の北陸新幹線事業推進調査結果も踏まえたルート検討の深度化に伴い、令和6年度に京都駅（南北案）及び京都駅（桂川案）による地下構造物施工に伴う地下水等への影響について、三次元水循環解析モデルを用いて予測検討を行いました。

委員会は、令和元年10月から令和7年8月までの間、11回にわたり開催しました。

本報告書は、これまでの調査・検討結果等についてとりまとめたものです。

北陸新幹線（敦賀・新大阪間）京都市周辺域に係る地下水検討委員会

# 北陸新幹線（敦賀・新大阪間） 京都市周辺域 に係る地下水検討委員会 委員名簿

## 【委員】

芥川 真一	一般社団法人 On-Site Visualization 研究会 代表理事
市川 温	京都大学大学院 経営管理研究部 教授
乾 徹	大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 教授
渦岡 良介	京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 地盤防災解析研究分野 教授
岸田 潔	京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻 教授
北田 奈緒子	一般財団法人 GRI 財団 理事 兼 業務統括
○楠見 晴重	関西大学 環境都市工学部 特命教授

（○：委員長）

（五十音順、敬称略）

（最終委員会：令和7年8月時点）

## 【事務局】

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

# 目次

## I 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討

1. 経緯と進め方.....	1
2. 京都市及びその周辺域.....	5
2.1. 調査地域の概要.....	5
2.2. 水文・水環境への影響予測.....	29
2.3. まとめ.....	74
3. 京都北部山岳区間.....	79
3.1. 調査地域の概要.....	79
3.2. 水文・水環境への影響予測.....	91
3.3. まとめ.....	110
4. 解析結果に対する留意点について.....	114

### 【I 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討 参考資料】

1. 地下水位変動状況.....	116
2. 河川流量・水位変動状況.....	141
3. 気象状況.....	165
4. 地下構造物諸元.....	171
5. 水循環解析モデル (GETFLOWS) について.....	172
6. Dg1 層細分化の根拠について.....	179
7. 帯水層境界の等高線.....	192
8. マニングの粗度係数の一般値.....	209
9. 解析範囲の既往揚水試験及び現場透水試験結果.....	210
10. 水分特性曲線及び飽和度と比透水係数の関係に関する条件設定.....	211
11. 広域解析における再現解析の改善経緯.....	212
12. シールドトンネル工事等の水質調査事例.....	213
13. 京都駅部の施工方法と環境保全措置に関する感度解析 (詳細モデル).....	216
14. 京都駅 (梅小路公園案) における影響解析の予備的検討.....	249
15. 地下鉄東西線建設工事 (御陵駅～二条駅間) における工区別補償対象井戸数.....	256

## II ルート検討結果を用いた三次元水循環影響解析

1. 経緯と進め方.....	257
2. 水文・水環境への影響予測.....	259
2.1. 解析の方針.....	259
2.2. 京都駅 (南北案) における影響解析.....	261
2.3. 京都駅 (桂川案) における影響解析.....	271
2.4. まとめ.....	284
3. 解析結果に対する留意点について.....	289

### 【II ルート検討結果を用いた三次元水循環影響解析 参考資料】

1. 京都駅付近三次元地質モデル断面図.....	290
2. 京都駅 (桂川案) 駅周辺の断面図.....	291
3. 京都駅 (桂川案) の流跡線解析結果.....	292
4. 京都盆地地域の流跡線解析結果.....	295

## I : 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討

## 1. 経緯と進め方

北陸新幹線（敦賀・新大阪間）は、敦賀駅、小浜市（東小浜）附近、京都駅、京田辺市（松井山手）附近、新大阪駅に駅を設置するルートと決定されており（図 1.1.1 参照）、特に京都市及びその周辺域では、水に関わる文化財等も多く、表 1.1.1 のとおり市民及び関係自治体の関心も高いことから、地下水環境を保全しつつ適切かつ円滑に実施する必要がある。

そこで、本委員会では、水文・水環境への本事業の影響を回避・低減することを目的として、図 1.1.1 に示す調査対象範囲（京都市及びその周辺域並びに京都北部山岳区間）を対象に、現況の水循環をモデル化し、地下構造物施工等に伴う地下水等への影響を予測した。

本委員会における検討フローを図 1.1.2 に示す。なお、本報告書では、京都市北区～京田辺市附近を「京都市及びその周辺域」と言い、南丹市～京都市右京区・左京区の北部を「京都北部山岳区間」と言う。そして、京都市及びその周辺域を対象とした水循環解析のことを「広域解析」と言い、京都北部山岳区間を対象とした水循環解析のことを「京都北部山岳区間解析」と言う。

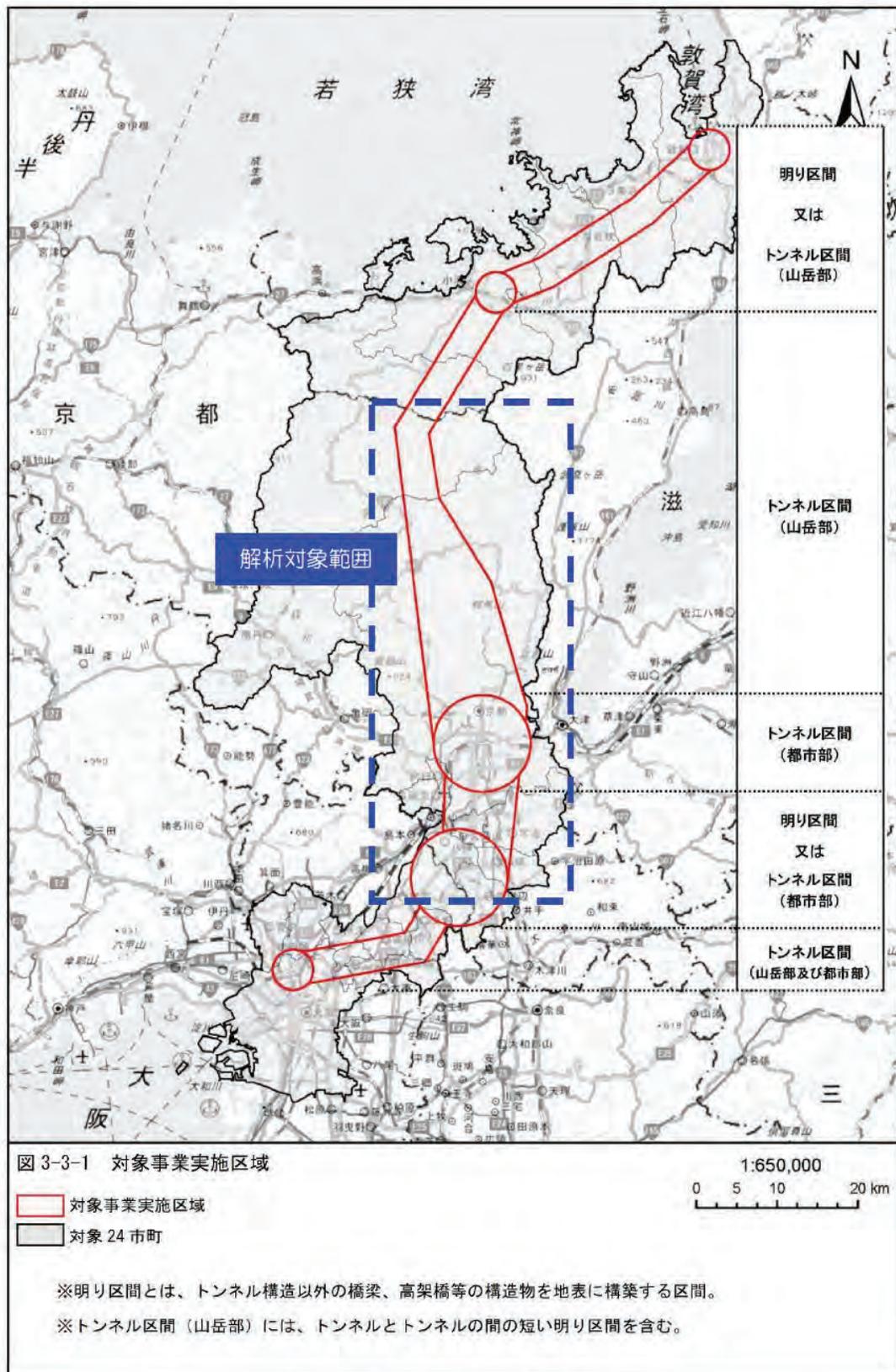


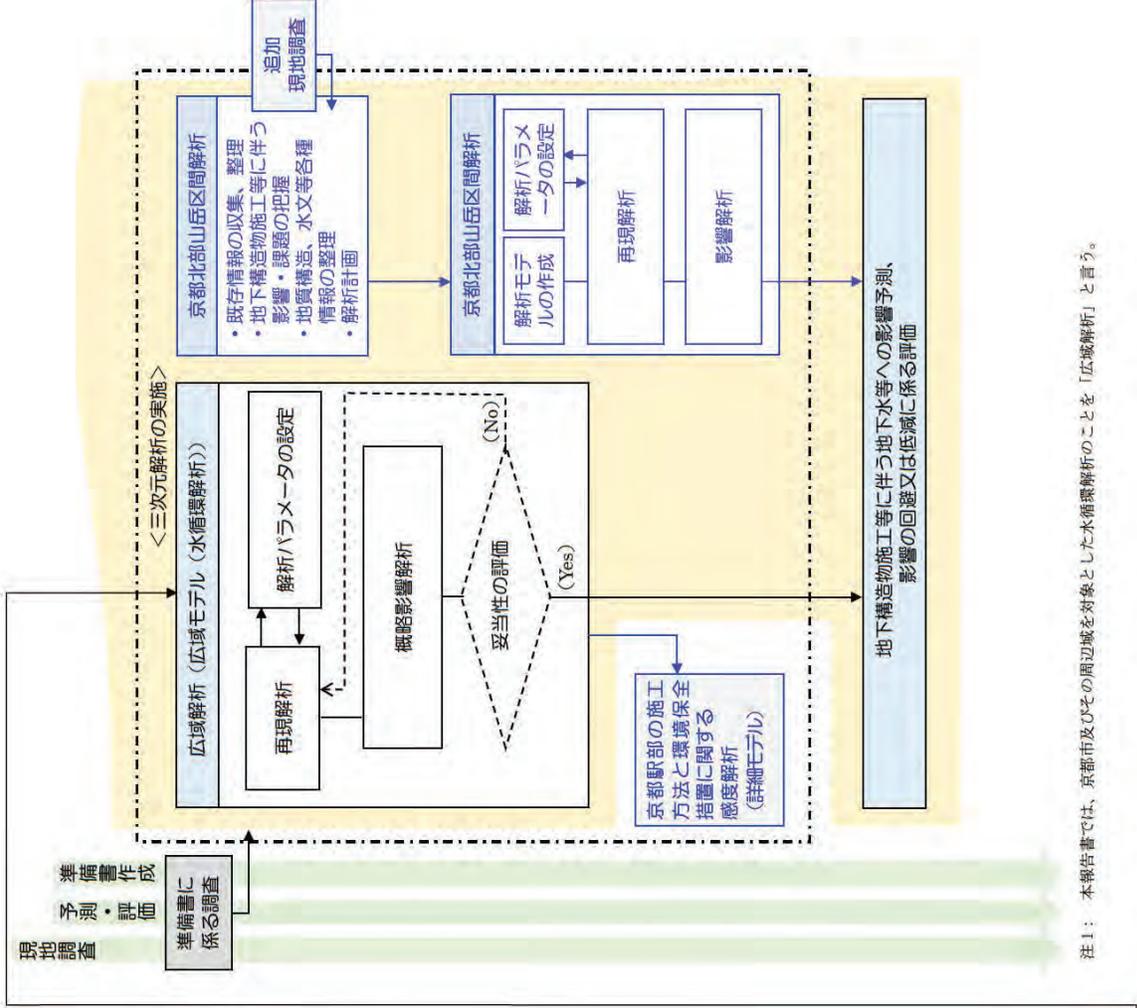
図 1.1.1 調査対象位置

出典：「北陸新幹線（敦賀・新大阪間）環境影響評価方法書  
（独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構、2019/11）」に加筆

表 1.1.1 方法書に対する地下水に関わる自治体意見

自治体	指定期間	指摘事項
南丹市	方法書市長意見	水位低下や枯渇、飲料水への影響を回避するため、三次元浸透流解析による影響予測を行うこと。
京都府	方法書市長意見	ア 対象事業実施区域及びその周囲では、豊言で良質な地下水が生活や産業、上水道等に幅広く利用され、京都の文化を支えていることと認め、井戸や湧水、地下水の利用状況、硬度を含む水質項目等、本事業の実施に伴う水循環の変化により影響を受けられるおそれがある事項をヒアリング等により適切に把握し、宇治川・桂川・木津川・田原川その他の公共用水域の水質及び汚濁等と併せて、水質・地下水・水資源への影響の調査等の対象とすること。 また、調査地域の選定に当たっては、重要種・注目種等の生息・生育地帯や注目すべき生態地、湿地等に対する鉄道施設等の工事及び存在に伴う水循環の変化により想定される影響も適切に考慮すること。
京都府	方法書市長意見	イ 鉄道施設等の工事及び存在による水循環への影響について、水質・地下水・水資源への影響を中心として、専門家等の助言を得ながら、 <b>三次元モデル</b> を用いた地質・水文学的シミュレーション等の手法により定量的な予測を行うこと。
京都府	方法書市長意見	エ 地下水への影響の詳細な検討に当たっては、以下の(1)～(4)に留意すること。 (1)地質・水文学的シミュレーションに用いる <b>三次元モデル</b> (以下「 <b>三次元モデル</b> 」)という、京都市市街地周辺や山岳トンネル区間、丘陵部等のそれぞれの地質の解析方法、対象範囲、対象項目、解像度、精度等を準備書に明示すること。 (2) <b>三次元モデル</b> による定量的な予測に当たっては、地下水の流動や <b>河川水</b> 等の流量変化、浸透量、揚水、構造、トンネル工事の工事方法等を考慮すること。 (3)物理現象を含む追加地質調査の実施や民間を含む他機関等が保有するボースングデータ等の取集、利用により、地質構造を詳細に把握すること。 (4)京都市内の地下鉄開通工事に係る地下水データや課題等、対象事業実施区域及びその周囲の他の地下構造物設置事例の情報を収集し、 <b>三次元モデル</b> の検証等に利用すること。
京都市	方法書市長意見	地下水については、 <b>三次元シミュレーション</b> により定量的に予測し適切な評価を行うとともに、その結果に応じて、影響の回避、低減を図ること。また、水質の評価に当たっては、地下水位と水質の変化は不可分であることから、 <b>三次元シミュレーション</b> の解析結果も反映させること。
向日市	方法書市長意見	本市水道事業の取水源は、深さ200mの深井戸であり、市内10箇所に点在しているため、配慮すること。また、市内事業所において地下水の漏水施設を設置している箇所があるため、地下水への影響がでないよう配慮すること。
長岡京市	方法書市長意見	地下水を保全するとともに地盤沈下を防止する目的から「長岡京市地下水採取の適正化に関する条例」を制定しています。当該条例に基づく井戸以外にも、条例の規制を下回る井戸も存在することが考えられるため、地下水利用者への影響がでないよう広域的目付詳細に調査し対策を講じてください。
宇治市	方法書市長意見	ルート帯内の地下水の有無を調査すること。地下水が存在する場合には、水質及び流動(以下「水質等」という。)の調査を行い、結果を明らかにすること。
宇治市	方法書市長意見	工事期や事業開始後も地下水の水質等の保全のため、水質調査等を徹底し工事前と同等の水質等の維持に努めること。
八幡市	方法書市長意見	本市水道の水源として、市内に7カ所の取水井があり、また将来的に新規取水井設置のための候補地も存在しています。取水井の深さは200mから300mあり、地下トンネル設置が取水施設や水資源への影響を及ぼさないよう、工法やルートを選定に留意してください。
城陽市	方法書市長意見	配慮書の意見としても記載したが、本市水道水の約85%は地下水に依存していること、「城陽市地下水採取の適正化に関する条例」を制定していることから、当該事業の実施にあたっては、地下水の保全に十分配慮すること。また、地下水については京都市市街地のほか詳細な検討を行うのではなく、周辺地域の地下水流動も含めた詳細な検討を行うこと。
京田辺市	方法書市長意見	本市には、木津川を含め多数の河川及び農業用水路があり、農業を支えている。このため、明かり及びトンネル区間の掘削工事等による湧水の発生や水質低下などの影響を及ぼさないよう十分な調査、予測、評価を行い、環境への負荷を低減すること。
京田辺市	方法書市長意見	対象事業実施区域には、本市の上水道施設である取水井をはじめ、農業、工業及び商業用の取水施設が多数存在している。建設工事に伴い地下水水位や水資源などへの影響が懸念されるため、取水及び水質状況を十分に把握するための調査を行い、予測、評価を行い、環境への負荷を低減すること。
京都市	審査会	事業者が想定している地下水の調査、予測、評価の方法は適切と考え、必要箇所について精度を高めたシミュレーションを行うことが現実的である。
京都市	審査会	トンネル工事による地下水への影響として、トンネルそのものから水が湧いてしまい、水量が減ることが考えられる。十分透水性のある工法をとる必要がある。その上で、上流側から下流側へ構造物を越えるための漏水施設を設けるなど、地下水循環工法が広く行われており、京都市営地下鉄の過去の工事で採用されている。
京都市	審査会	事業の実施によってせき止められる水量や、その対策として下流に流される水量等、地下水量についての説明を求める必要がある。できるだけ影響の少ない工法の採用や適切な対策を講ずることが望ましい。
京都市	審査会	京都盆地の地下水は広域流動しており、工事中は一時的に影響が出たとは考えにくい。ただし、山間部の水源は地下水が限られている可能性があるため、注意が必要であり、注意が必要であるため、水源や井戸利用者に関する情報収集が重要である。
京都市	審査会	立坑などの上下方向の構造物は、構造物本体の漏水ができていれば、完成後、極めて局所的なものを除けば、水位への大きな影響は無いと考えられる。
京都市	審査会	地下水については、京都盆地が大きな地下水の流れとなっているので、京都盆地を対象とした <b>三次元浸透流解析</b> を行うべきと考える。それであるならば、先ほど議論に出ていたサンプリングポイント(定点箇所)の問題はクリアできる。地下水水質測定項目について、伏見速生エリアに配慮するとあったが、京都市内にも産業があるので、この程度の項目でよいのは疑問である。人の口に入ることを考えると、水道基準項目まで行うところまでは言わないが、もう少し調査したほうがよいと思う。

赤字：三次元で水循環解析(地下水のみならず河川の流れも扱う解析手法)の実施を求める部分



注1： 本報告書では、京都市及びその周辺域を対象とした水循環解析のことを「広域解析」と言う。

図 1.1.2 委員会検討フロー

## 2. 京都市及びその周辺域

### 2.1. 調査地域の概要

#### 2.1.1. 地形・地質

##### (1) 地形概要

京都市及びその周辺域の地形図を図 2.1.1 に示す。京都盆地は、丹波高地南縁と滋賀県や大阪府との境界付近に展開する山地山麓に囲まれた山間盆地で、第三紀末からの断層運動に伴って山地が隆起し、盆地内部が相対的に沈降して形成された、南北約 35km、東西約 10km の南北に細長い盆地である。山地と盆地の境界部には断層が存在する。

盆地内の主要な河川は、鴨川・桂川、宇治川及び木津川で、それぞれ北、東、南から盆地の中央部に流下し、三川は合流して大阪平野に流出している。京都盆地を流れる河川は、盆地周辺の山地に端を発し、盆地内を流れた後、天王山と京阪奈丘陵間の狭窄地で合流して 1 本の河川（淀川）となって大阪平野に流れる。盆地北部の緩傾斜地はこれらの川などの扇状地である。京都盆地は北部ほど扇状地がよく発達し、南に向かってなだらかに標高を減じて低地になるという傾向を持っている。また、宇治川と木津川の合流点付近には、かつて巨椋池と呼ばれる池があったが、現在は開拓されて農地等となっている。

盆地の東・北・西方にある山々はそれぞれ東山・北山・西山と呼ばれている。山地のほとんどは、砂岩・泥岩・チャート・緑色岩などから構成される丹波帯の中・古生層から成るが、比叡山と如意ヶ岳に挟まれた山地部には黒雲母花崗岩からなる北白川花崗岩が分布する。この花崗岩は、風化によりマサ化が進んでおり、下流にはこのマサ主体の白色砂層が扇状地を形成している。

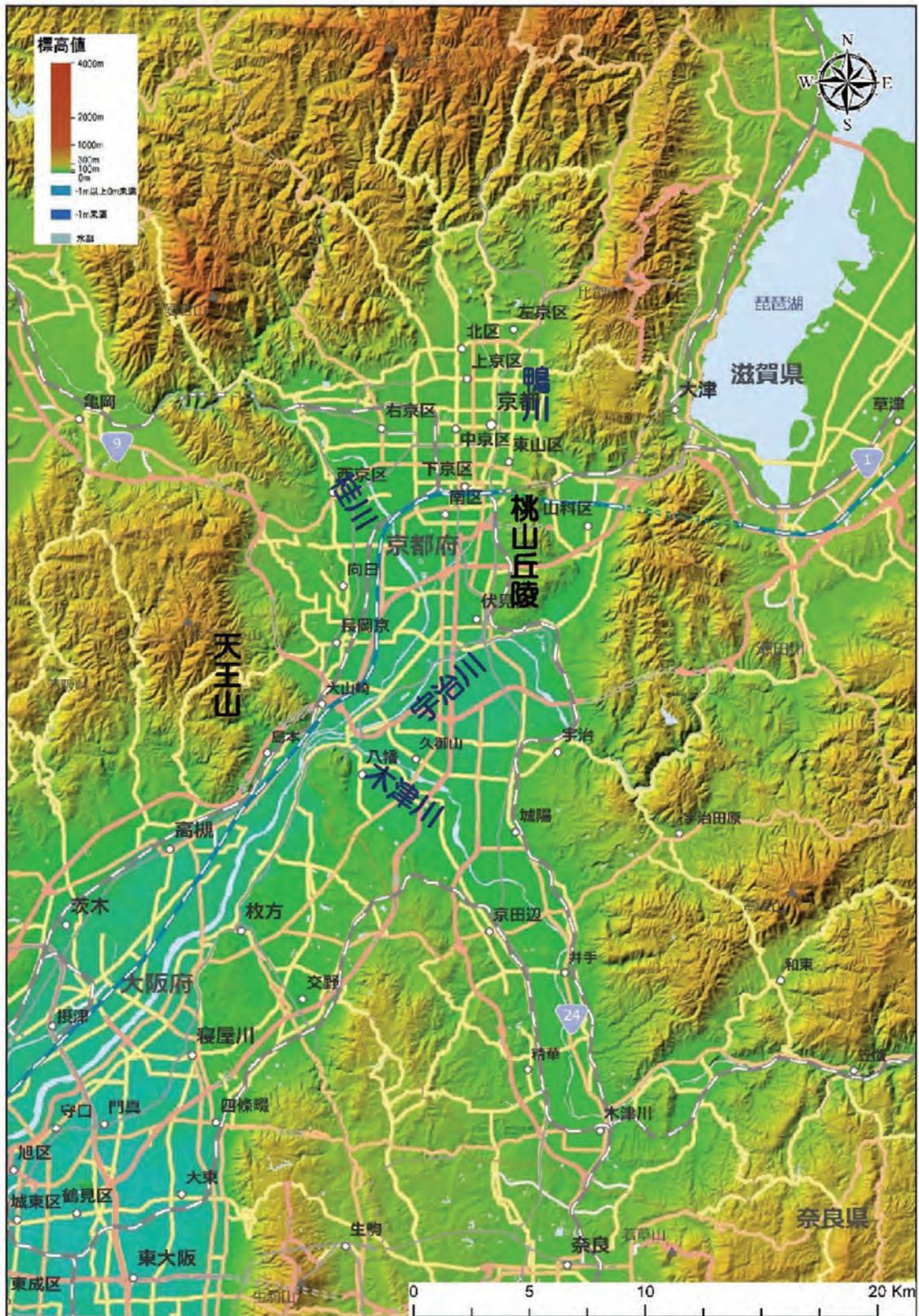


図 2.1.1 京都市及びその周辺域の地形

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」をもとに作成

(2) 地質概要

京都市及びその周辺域の表層地質図を図 2.1.2 に、地質断面図を図 2.1.3～図 2.1.4 に示す。盆地表層は主に扇状地性低地と氾濫平野から形成される。地形地質的特徴から南北に区分した 4 地区及び山科地区の概要等は表 2.1.1 に示すとおりである。

表 2.1.1 各地区の地形・地質の特徴

地区	地形・地質の特徴
京都盆地 北部地区	<p>【北東地区】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 北から南に向かう扇状地が発達した地域。</li> <li>・ 全体に沖積相当層はなく、地表部付近から洪積相当層(段丘相当層)が分布する。</li> <li>・ ほとんどが礫層からなるが、それでも堀川通より西側で粘性土の割合が増える。</li> </ul> <p>【北西地区】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 桂川沿いに分布する氾濫原からなる地域。</li> <li>・ 沖積相当層はまばらに分布する。</li> </ul>
京都盆地 南部地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 氾濫原が広がる地域。</li> <li>・ 沖積相当層は東西に一樣で、南に向かって層厚を増す。</li> <li>・ 西京区檜原で沖積相当層が厚くなる。粘性土が多い。</li> <li>・ 桂川西側の水垂地域では粘土層が厚い。</li> <li>・ 三川合流地点周辺数 km では、特に砂層優勢の沖積相当層が 16m 以上分布する。</li> </ul>
八幡・久世地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 沖積相当層が最も厚い地域。</li> <li>・ 京都市南部地区との境界付近で急激に厚くなり、三川合流部で厚くなり 15m 以上となる。</li> <li>・ 砂層が卓越する。</li> <li>・ 相楽地区に向かって沖積相当層の層厚は緩やかに減じる。</li> </ul>
相楽地区	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 沖積相当層は層厚 4～6m 程度。</li> <li>・ 全域において砂層が卓越。</li> </ul>
山科盆地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 南に向かって地形が低くなる。</li> <li>・ 礫層主体で薄い粘性土を挟む互層。</li> <li>・ 名神高速～府道 782 号の間ではシルト・砂が卓越する。</li> </ul>

京都盆地の北部地区は、桂川、高野川、鴨川に代表される周辺の山地から盆地に流れ込んでくる大小河川によって形成された扇状地であり、主に礫によって地盤が構成されている。しかし、既存の地質柱状図を整理した研究事例（関西大学提供）によれば、堀川通より西側では、粘性土の割合がやや増える傾向にある（図 2.1.5 参照）。

一方、京都盆地の南部地区は桂川・宇治川・木津川という三大河川の氾濫原であり、それら三川によって供給される砂や粘土によって地盤が構成され、その地層の下位には洪積相当の堆積物と考えられるごく密な礫層が分布している。三川合流地域から宇治川北部では粘土層が優勢で、南部は砂層が優勢である（図 2.1.6 参照）。これは、南部地域には木津川と宇治川があり、木津川は笠置山系や信楽地域の花崗岩地帯を抜けて流れるため、風化花崗岩による砂（マサ土）の供給が大きく、琵琶湖を起源とする宇治川についても、途中で花崗岩地域から流れる大戸川や信楽川がマサ土を供給しているので木津川と同様に風化花崗岩による砂の供給が大きいためである。

盆地周辺の山地・丘陵地との境界部では大阪層群が出現し、深草地区の丘陵に露出する大阪層群は層厚 130m、西山地域に露出する大阪層群は層厚 180m で堆積しており、何れも砂礫層を主とする。

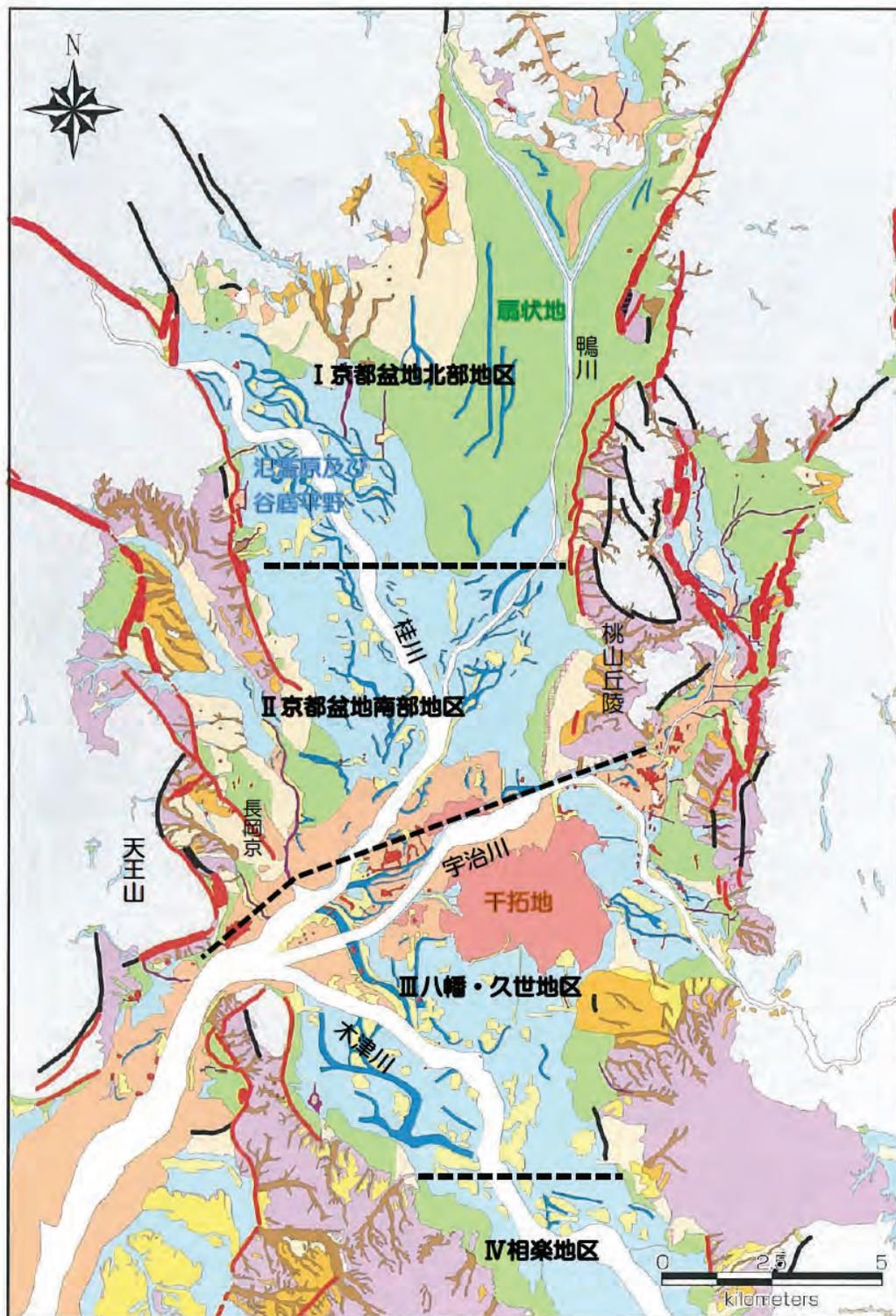


図 2.1.2 京都市及びその周辺域の表層地質図

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」に一部加筆

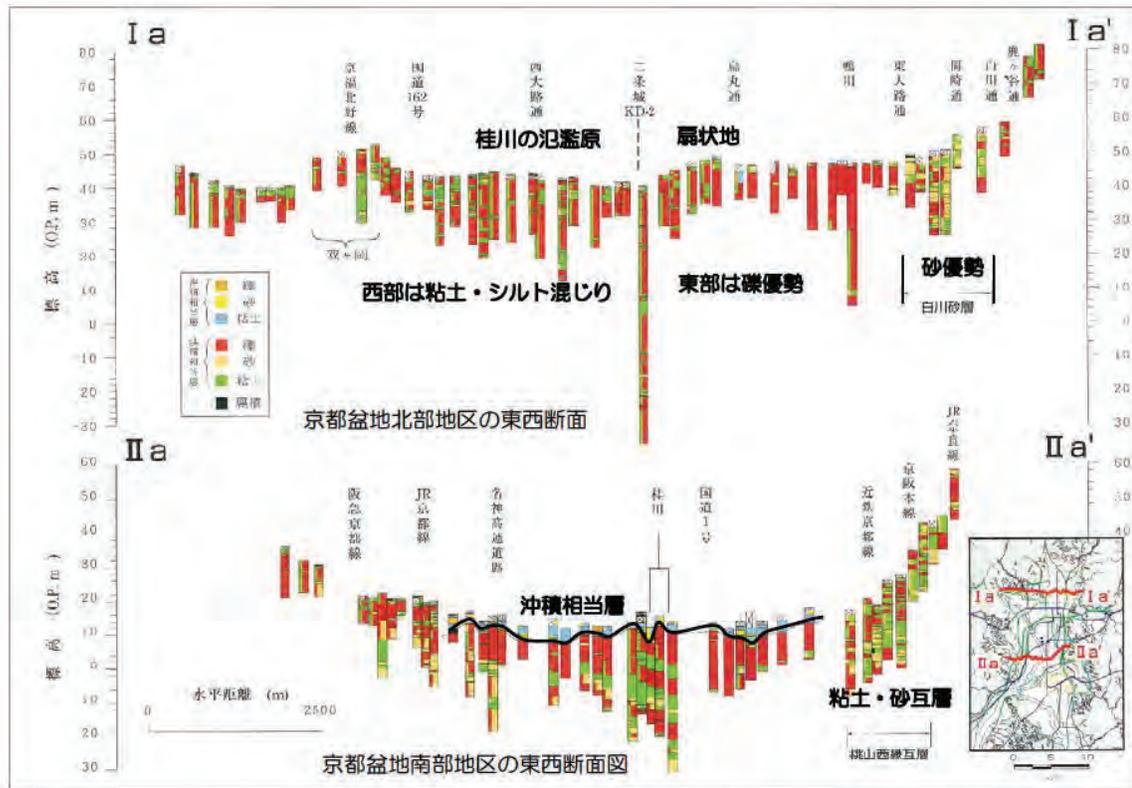
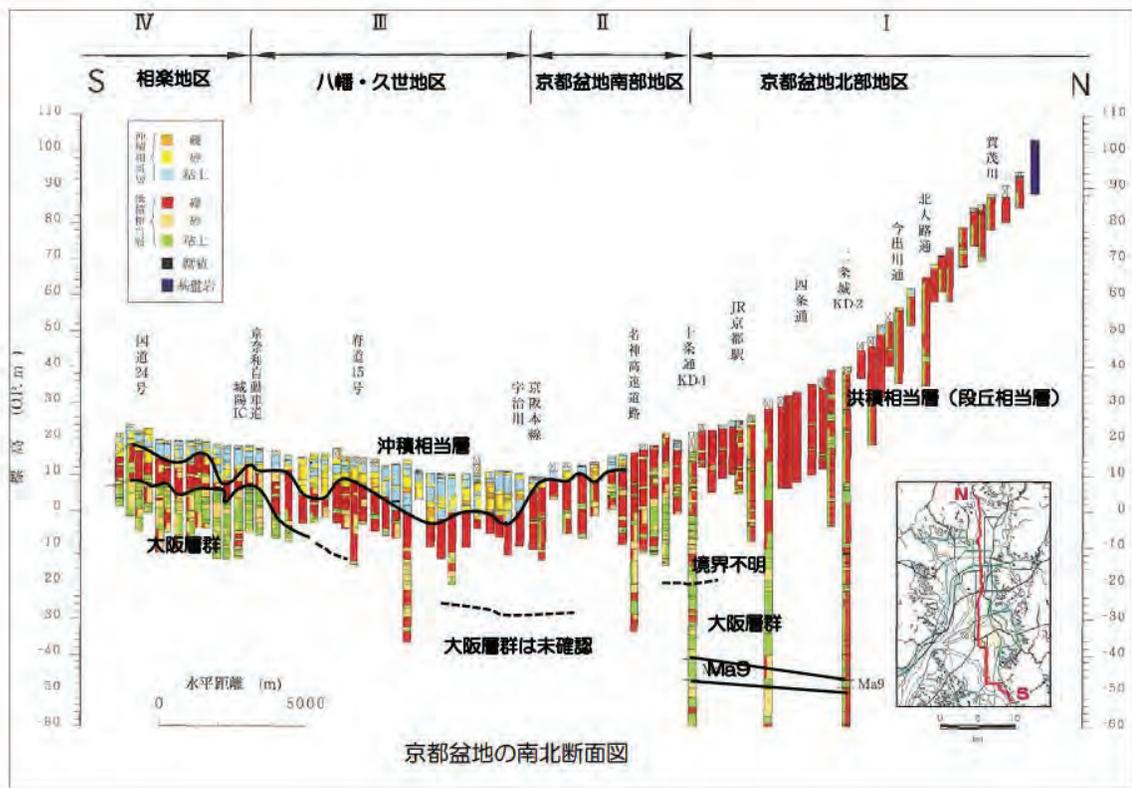


図 2.1.3 地質断面図 (その1)

出典：「新関西地盤—京都盆地— (関西地盤情報活用協議会、2002)」に一部加筆

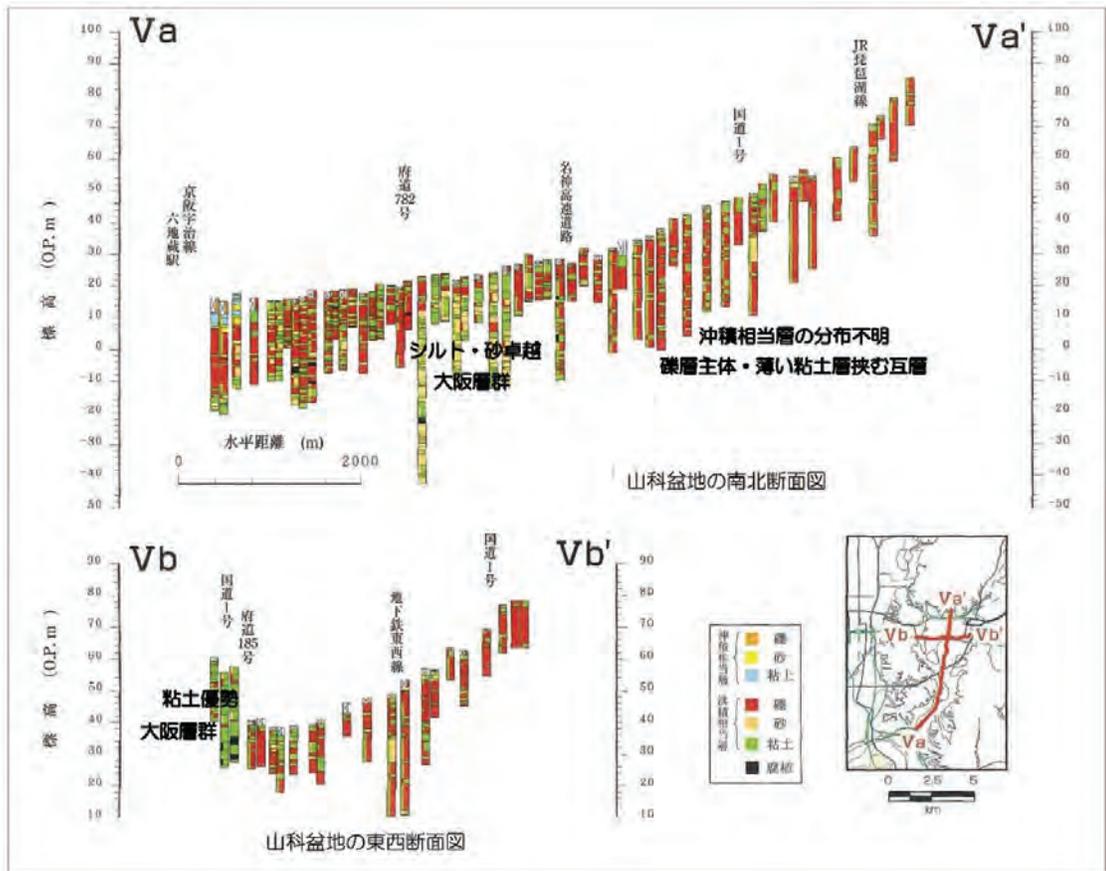
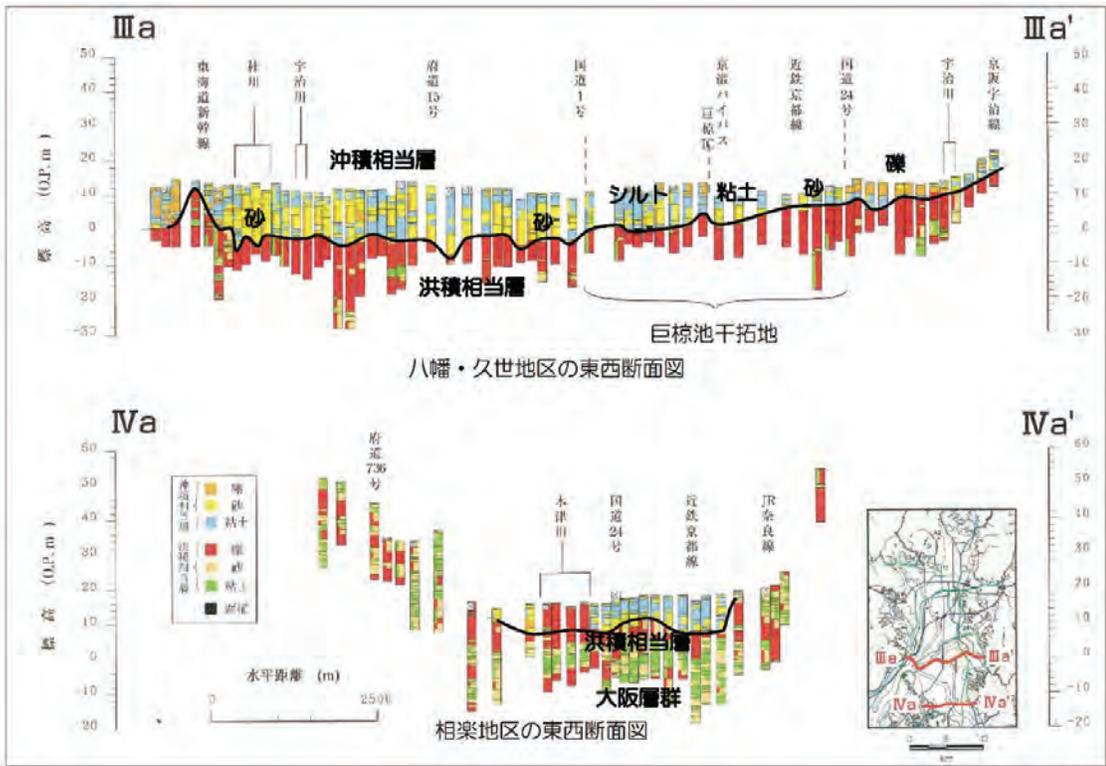


図 2.1.4 地質断面図 (その2)

出典:「新関西地盤—京都盆地— (関西地盤情報活用協議会、2002)」に一部加筆

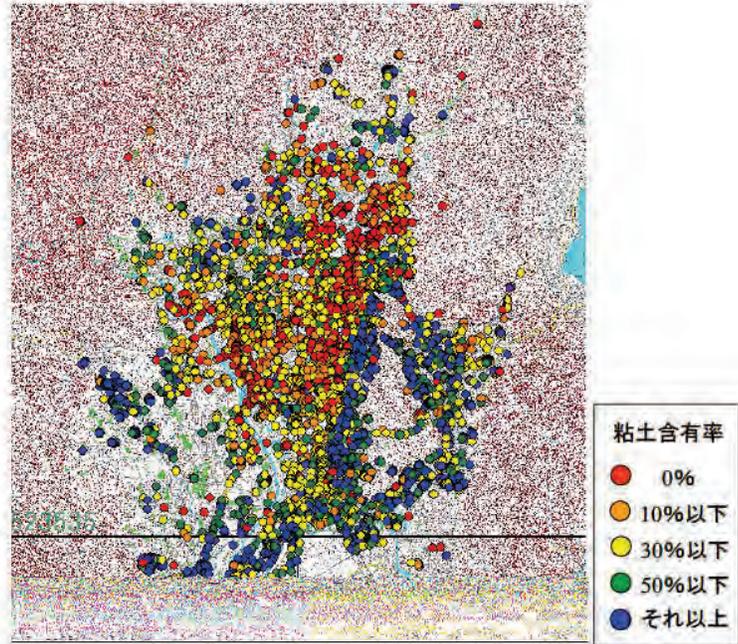


図 2.1.5 京都盆地の粘土含有率別表層地質分布 (0~10m)

出典：「関西大学提供資料」

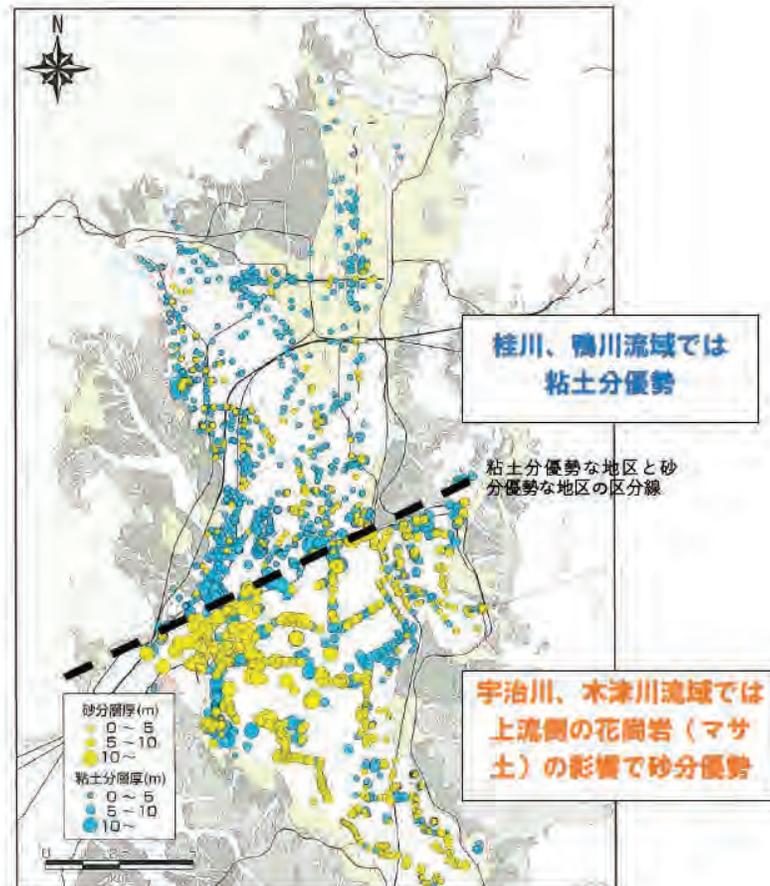


図 2.1.6 沖積相当層の粒度特性

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」に一部加筆

## 2.1.2. 水文

### (1) 地下水

#### 1) 地下水位変動

京都府内においては、国土交通省により地下水位の観測が行われている。観測所の諸元は表 2.1.2、観測所位置図は図 2.1.7 に示すとおりである。各観測所の地下水位変動状況は、参考資料 1 にまとめた。

表 2.1.2 地下水観測所（国土交通省）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」

観測所名	観測所諸元			地下水位(E.L.m)	
	地盤高 (E.L.m)	管頭高 (E.L.m)	ストレート深度 (Dep.-m)	10年平均 (2010~2019)	Ma9層より 浅・深
下鴨	69.22	70.21	3.6~15.1	62.99	浅
御所	45.64	46.64	3.6~15.1	38.49	浅
日吉	73.49	74.17	0.0~16.1	65.43	浅
東寺	27.21	28.21	53.3~65.3	21.23	浅
桂	23.25	24.22	4.0~15.0	17.77	浅
上鳥羽	16.87	17.88	45.7~57.7	12.00	浅
下鳥羽	13.42	14.41	37.2~49.2	8.94	浅
上植野	15.87	16.83	6.9~11.9	11.72	浅
長岡京	25.69	26.72	40.2~50.2	13.11	深
醍醐	27.10	28.09	8.2~12.2	22.58	浅
桃山	12.51	13.14	0.0~3.4	<u>10.63</u>	浅
巨椋池	10.30	11.33	10.3~36.3	6.85	浅
淀	13.12	14.12	6.2~15.2	5.73	浅
東一口	12.21	13.21	37.2~50.2	5.85	浅
小倉	10.63	11.61	5.9~11.2	6.90	浅
久御山	12.96	13.73	10.7~28.2	6.97	浅
八幡南	14.60	15.61	10.7~29.7	7.29	浅
岩田	15.33	16.34	32.7~47.7	10.84	浅
草内(深層)	26.00	27.04	16.1~58.1	24.03	浅
草内(浅層)	24.45	25.44	5.0~10.0	23.75	浅
御幸橋	16.87	17.90	22.0~30.0	5.08	浅
大山崎	14.26	15.28	15.5~21.0	4.40	浅
八幡	15.08	16.12	52.0~65.0	4.71	深

※桃山は、2000~2009年の平均

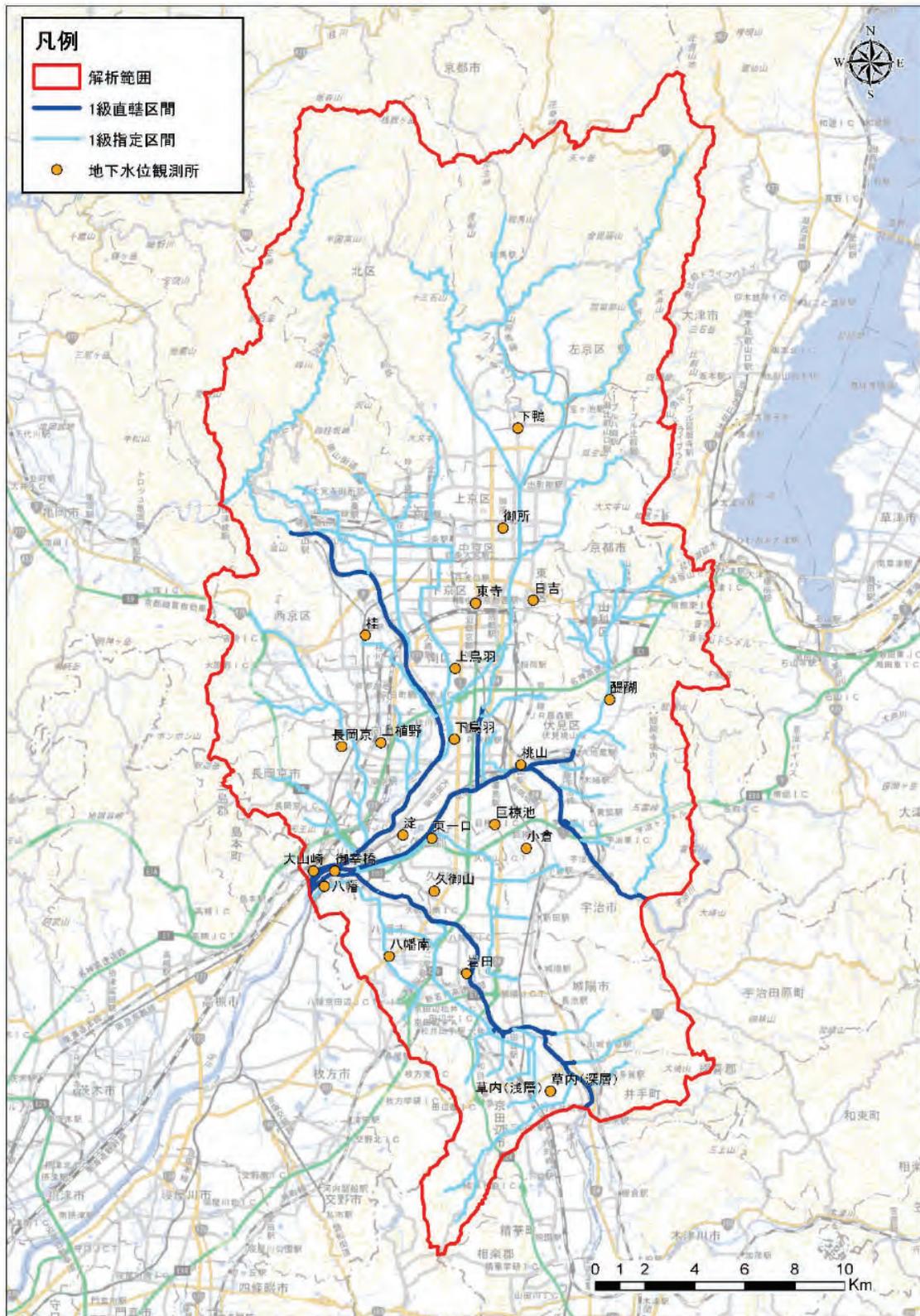


図 2.1.7 地下水観測所位置図（国土交通省）

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下水水位観測所位置、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから  
 水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

## 2) 地下水流動状況

既存文献「京都の地下水3, 月刊「水」, Vol. 36, No. 1, pp. 84-87, 1994年, 山本荘毅」より、京都盆地全体の不圧地下水の流動状況を図 2.1.8 に、山科盆地の不圧地下水の流動状況を図 2.1.9 に示す。

京都盆地の不圧地下水の流れは、京都盆地の北側では概ね北から南への流れであり、伏見地区では東の桃山丘陵から西に向かう流れとなっている。山科盆地では、山科川に集まるような流れとなっており、盆地の出口に位置する醍醐付近で顕著な傾向を示している。

図 2.1.9 は、表 2.1.2 に示す国土交通省所管の地下水位観測井における観測記録より、2018年2月の地下水位コンターを作成したものであるが、同図でも、おおむね北から南への流れであり、伏見地区では東の桃山丘陵から西に向かう流れとなっている。

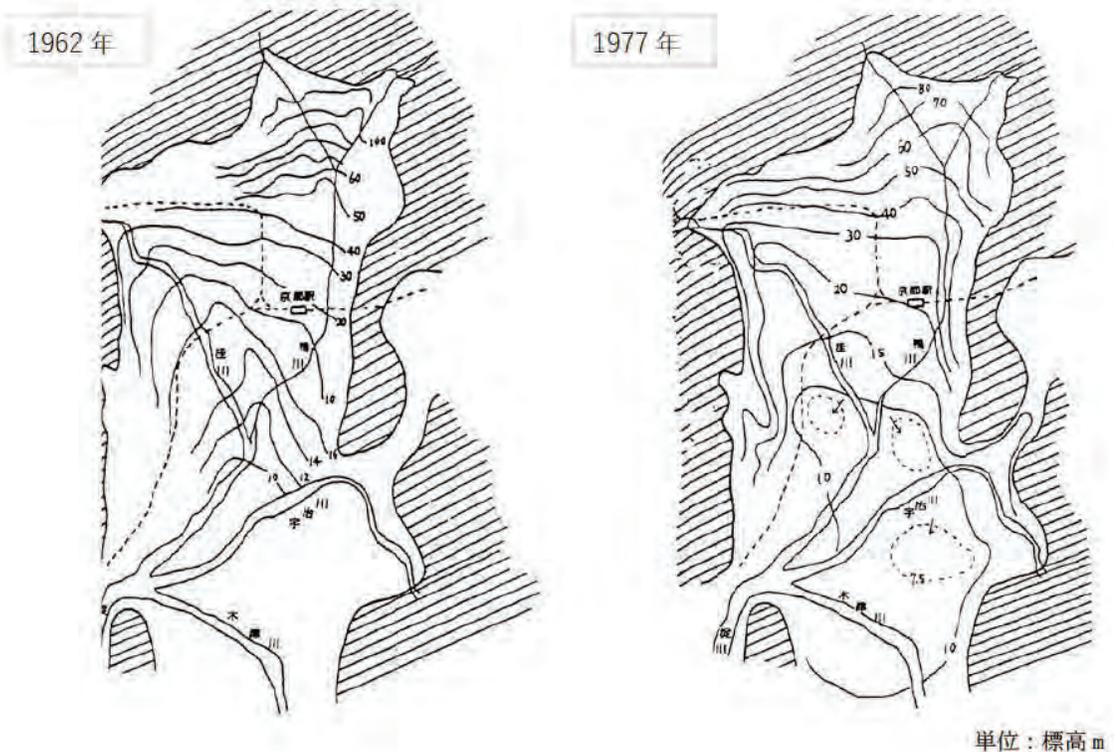


図 2.1.8 既存文献における地下水コンター図 (京都盆地)

出典: 「京都の地下水3 (山本荘毅, 1994, 月刊「水」 Vol. 36 No. 1)」に一部加筆

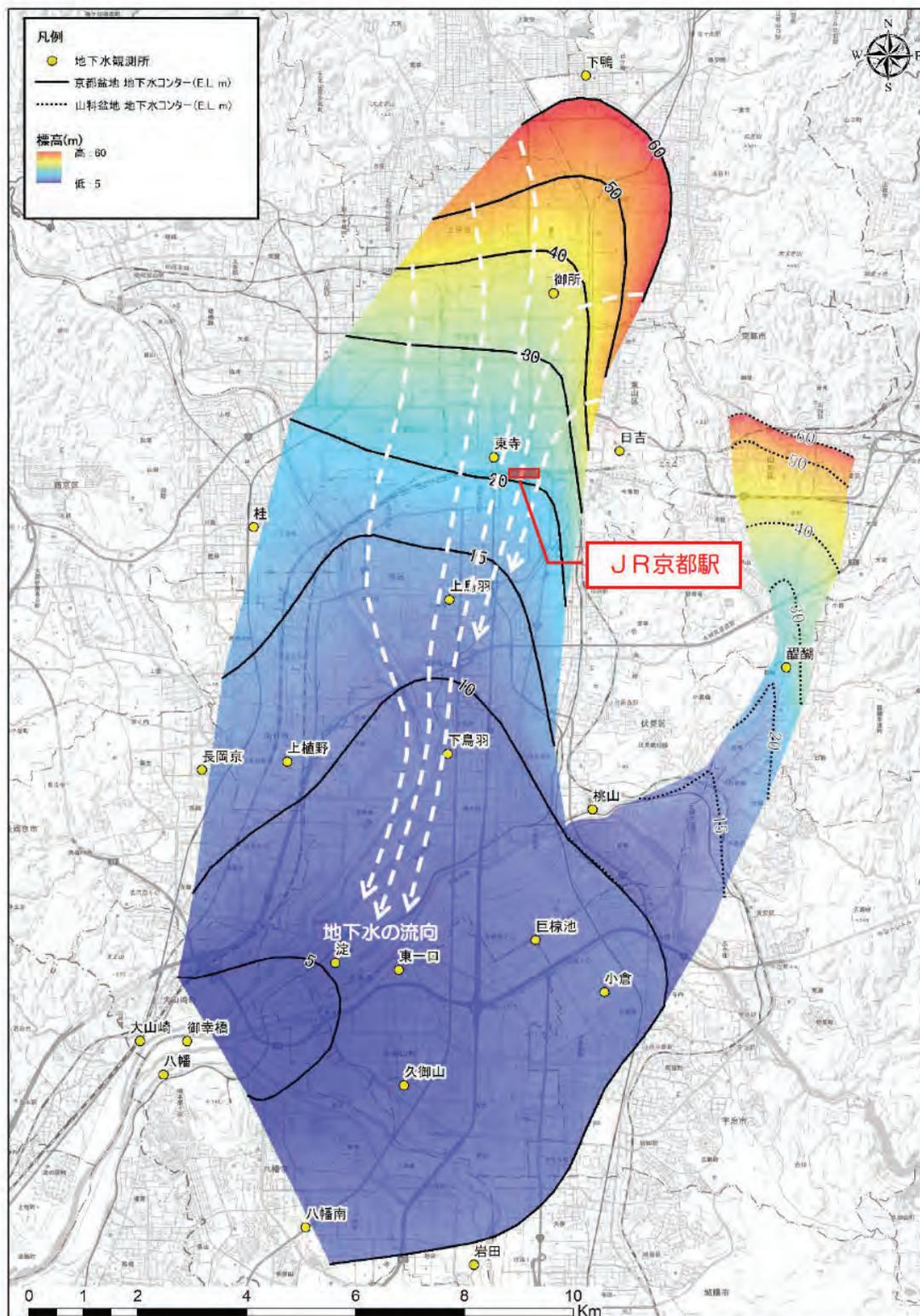


図 2.1.9 地下水位コンター図 (2018年2月)

出典 (コンター図) : 京都盆地は「水文水質データベース (国土交通省)」の地下水位観測所の観測値をもとに作成し、山科盆地は上記および「東西線地下水位観測業務委託 (その8) 観測業務 (その1~その8) 総合解析 報告書 京都市交通局・(株) 甲田工業所」における地下水位コンター図を参考に作成

(基図) : 「地理院タイル淡色地図 (国土交通省 国土地理院)」

(2) 河川

1) 河川流量・水位

淀川水系の河川においては、国土交通省により河川水位・流量の観測が行われている。観測所の諸元は表 2.1.3 に、観測所位置図は図 2.1.10 に示すとおりである。各観測所の河川水位・流量変動状況は、参考資料 2 にまとめた。

表 2.1.3 河川水位・流量観測所（国土交通省）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」

観測所名	観測項目	河川名	観測所諸元		河川流量(m <sup>3</sup> /s)	河川水位(E.L.m)
			流域面積	零点高	2012年平均	2012年平均
宇治	水位流量	宇治川	4,218.00km <sup>2</sup>	12.870m	241.20	14.08
向島	水位流量	宇治川	4,282.00km <sup>2</sup>	12.866m	229.67	7.95
淀	水位流量	宇治川	4,354.00km <sup>2</sup>	11.017m	251.04	6.54
宇治川三川	水位流量	宇治川	4,354.00km <sup>2</sup>	8.956m	—	5.82
高浜	水位流量	淀川	7,050.00km <sup>2</sup>	9.095m	217.52	4.97
勸修寺	水位流量	山科川	32.00km <sup>2</sup>	注	—	—
飯岡	水位流量	木津川	1,559.00km <sup>2</sup>	22.108m	65.82	19.64
八幡	水位流量	木津川	1,596.00km <sup>2</sup>	11.335m	56.79	7.72
保津峡	水位流量	桂川	741.00km <sup>2</sup>	48.073m	25.13	48.38
天竜寺	水位流量	桂川	818.00km <sup>2</sup>	34.360m	25.75	33.85
桂	水位流量	桂川	887.00km <sup>2</sup>	19.391m	26.36	21.21
羽束師	水位流量	桂川	1,090.00km <sup>2</sup>	9.234m	41.38	8.89
納所	水位流量	桂川	1,100.00km <sup>2</sup>	11.119m	28.79	8.07
深草	水位流量	鴨川	156.00km <sup>2</sup>	19.016m	7.93	19.18
天ヶ瀬ダム	放流量	宇治川	352.00km <sup>2</sup>	50.000m	123.82	—
槇尾山	水位流量	宇治川	17.30km <sup>2</sup>	16.000m	—	17.14

注：地理院地図より地盤高 18.6m を採用

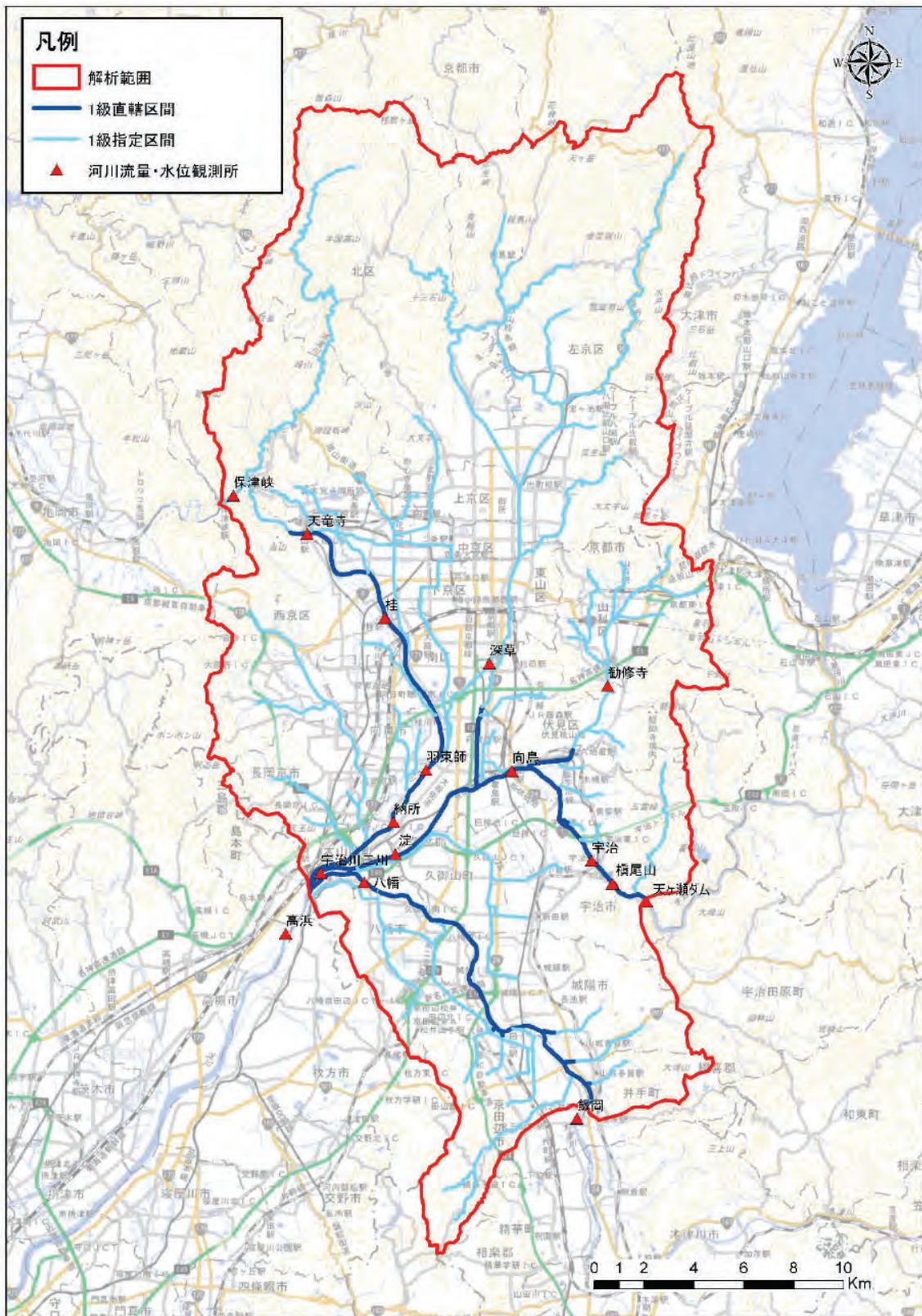


図 2.1.10 河川観測所位置図（国土交通省）

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に河川流量・水位観測所位置、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから  
 水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。



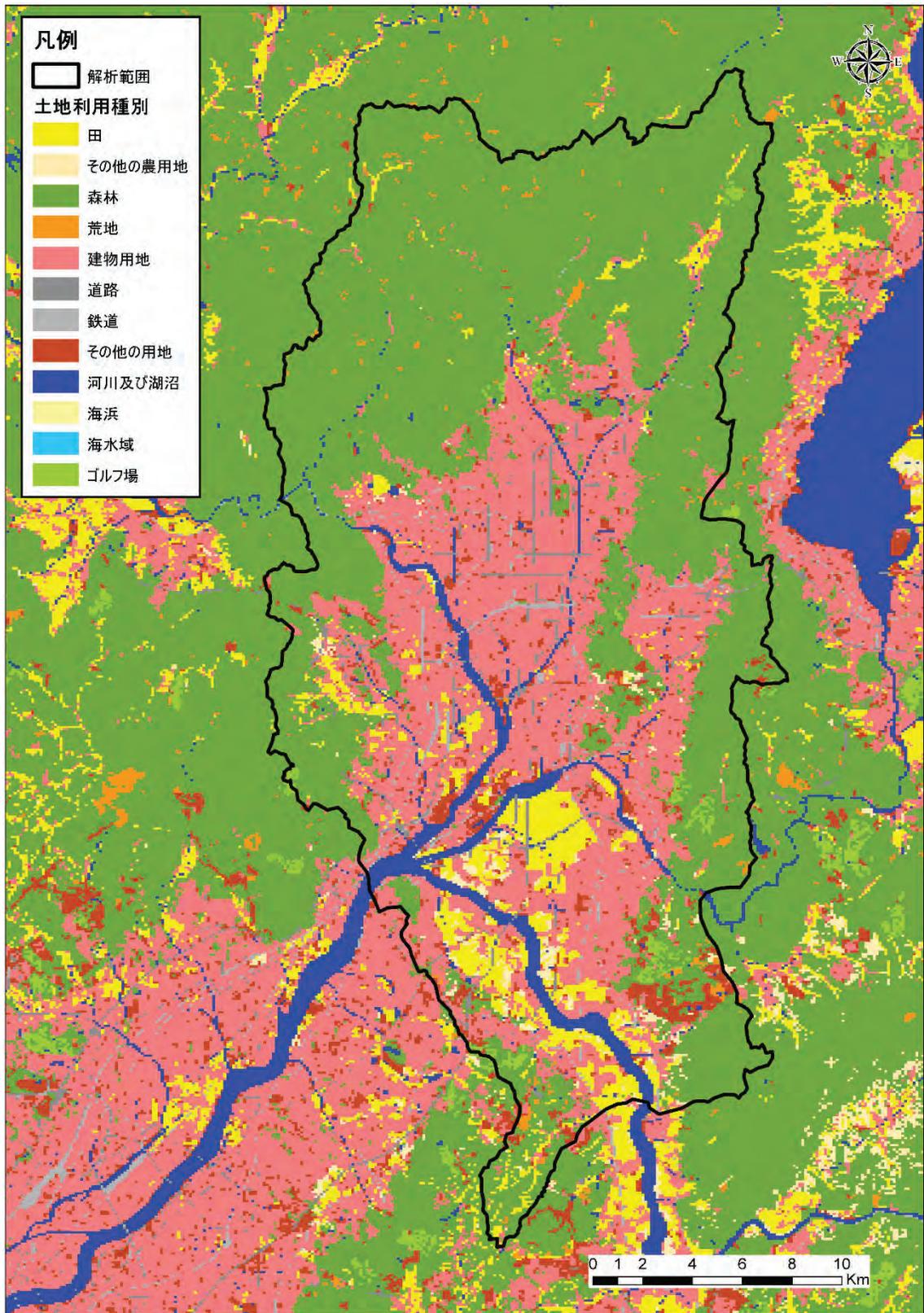


図 2.1.12 土地利用状況図

出典：「平成 28 年版土地利用細分メッシュ（国交省国土数値情報 DL サービス）」をもとに作成  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

## 2.1.4. 水利用

### (1) 地下水の揚水

京都盆地の地下水採取については、昭和62年及び平成元年度以降、総合的な調査がなされていない。このため、地下水揚水量の把握にあたっては、地下水揚水に関する公開情報・文献及び関係自治体・機関から得た資料を収集し、これをもとに可能な限り、現状の把握に努めた。

資料収集により確認できた水源井は、①水道水源井、②民間井戸（事業用水源井）、③農業用井戸が挙げられ、その分布は図2.1.13のとおりである。しかし、宇治市・城陽市・長岡京市・八幡市・京田辺市・大山崎町・久御山町の民間井戸や全域の③農業用井戸の地下水揚水量については、個々の水源井の情報については多くを把握することができなかった。一方、用途別・市区町別あるいは京都盆地全域での揚水量は概ね把握することができた。

以上より、資料収集により得た用途別・市区町別の地下水揚水量を、表2.1.5の要領で確認できた水源井に配分、あるいは土地利用条件に応じて配分して解析範囲内の総地下水揚水量を推計した結果、その量は8,457万m<sup>3</sup>/年と見積もられた。

表 2.1.5 用途別・市区町別の地下水揚水量の推計要領

種別	管理者	地下水揚水量の設定方法	地下水揚水量の根拠資料
①水道水源井戸	宇治市	・H29年度の地下水揚水量（深井戸4,565千m <sup>3</sup> /年（推定12,507m <sup>3</sup> /日）、伏流水1,219千m <sup>3</sup> /年（推定3,340m <sup>3</sup> /日）を井戸ごとの計画取水量に応じて配分	・「水道統計年報」（宇治市上下水道部、2020） ・京都水道グランドデザイン（京都府府民環境部、2020）※
	城陽市	・H19年度の地下水揚水量737万m <sup>3</sup> /年をグラフ読み取りで浄水場別に区分して、井戸ごとの適正揚水量に応じて配分 ・H29年度の地下水揚水量（6,688千m <sup>3</sup> /年（推定18,323m <sup>3</sup> /日）をH19年度の井戸ごとの地下水揚水量に応じて配分	・城陽市における地盤及び地下水環境保全に関する調査研究報告書（楠見晴重、2009） ・京都水道グランドデザイン（京都府府民環境部、2020）※
	向日市	・H29年度の地下水揚水量（2,914千m <sup>3</sup> /年（推定7,984m <sup>3</sup> /日）を、井戸ごとの適正揚水量に応じ配分	・向日市資料 ・京都水道グランドデザイン（京都府府民環境部、2020）※
	長岡京市	・南東部のNo.18,20,35はH30年度の地下水揚水量 ・北東部のその他はH29年度の地下水揚水量（深井戸4,213千m <sup>3</sup> /年（推定11,542m <sup>3</sup> /日）と南東部の地下水揚量の差をH30年度の井戸ごとの地下水揚水量に応じて配分	・平成30年度長岡京市地下水利用適正化追跡調査報告書概要版（長岡京市） ・京都水道グランドデザイン（京都府府民環境部、2020）※
	八幡市	・H30年度の市水道地下水揚水量304万m <sup>3</sup> /年を、井戸ごとの適正揚水量に応じて配分	・八幡市資料
	京田辺市	・H29年度の地下水揚水量（深井戸1,858千m <sup>3</sup> /年（推定5,090m <sup>3</sup> /日）、	・京田辺市水道ビジョン（京田辺市上下水道部、2013）

		浅井戸 3,053 千 m <sup>3</sup> /年 (推定 8,364m <sup>3</sup> /日)、伏流水 142 千 m <sup>3</sup> /年 (推定 389m <sup>3</sup> /日)を井戸ごとの計画取水量に応じて配分	・京都水道グランドデザイン (京都府府民環境部、2020) ※
	大山崎町	・H29 年度の地下水揚水量 (深井戸 978 千 m <sup>3</sup> /年 (推定 2,679m <sup>3</sup> /日))を井戸ごとの計画取水量に応じて配分	・「大山崎町水道事業基本計画」(大山崎町、2019) ・京都水道グランドデザイン (京都府府民環境部、2020) ※
	久御山町	・H29 年度の地下水揚水量 (深井戸 1,192 千 m <sup>3</sup> /年 (推定 3,266m <sup>3</sup> /日))を井戸ごとの計画取水量に応じて配分	・「久御山町水道事業 経営戦略」(久御山町事業建設部上下水道課、2019) ・京都水道グランドデザイン (京都府府民環境部、2020) ※
②民間井戸	京都市 上京区	・R2 年度の地下水揚水量 (200m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、染色業・酒造業・食品関連業の 14 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 左京区	・R2 年度の地下水揚水量 (268m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、酒造業・食品関連業の 5 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 中京区	・R2 年度の地下水揚水量 (76m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、染色業・食品関連業の 6 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 東山区	・R2 年度の地下水揚水量 (1m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、食品関連業の 2 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 下京区	・R2 年度の地下水揚水量 (56m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、染色業・食品関連業の 14 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 南区	・R2 年度の地下水揚水量 (7,200m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、染色業・食品関連業の 14 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 右京区	・R2 年度の地下水揚水量 (6,309m <sup>3</sup> /日)を、京都府資料より確認された、染色業・酒造業・食品関連業の 13 井の地下水揚水に配分	・京都府資料 ・京都の工業(京都府、2019)
	京都市 伏見区	酒造業	・酒造業地下水揚水量については、北岡ほか (2013) に基づき、H22 年度の Ma9 層より上 (Dg1 層) の揚水量を 550m <sup>3</sup> /日と想定して Ma9 層上の井戸数で均等配分し、Ma9 層より下 (Dg2 層) の揚水量を 5,000m <sup>3</sup> /日と想定して Ma9 層下の井戸数で均等配分

	他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R2年度の地下水揚水量 (7,120m<sup>3</sup>/日) との差 1,570 m<sup>3</sup>/日を、京都市資料より確認された染色業 3 井の地下水揚水に配分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都府資料</li> <li>・京都の工業(京都府、2019)</li> </ul>
	京都市山科区	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R2年度の地下水揚水量 (284m<sup>3</sup>/日) を、京都市資料より確認された、染色業・食品関連業の 1 井の地下水揚水に配分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都府資料</li> <li>・京都の工業(京都府、2019)</li> </ul>
	京都市西京区	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R2年度の地下水揚水量 (27m<sup>3</sup>/日) を、京都市資料より確認された、食品関連業の 2 井の地下水揚水に配分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都府資料</li> <li>・京都の工業(京都府、2019)</li> </ul>
	向日市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予定する日平均揚水量と年間採水日数より推計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・向日市資料</li> </ul>
	宇治市 城陽市 長岡京市 八幡市 京田辺市 大山崎町 久御山町	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各市町の R2 年度の地下水揚水量と本解析で土地利用条件を「建物用地」と定義した各市町の面積より、単位面積あたりの地下水揚水量を定め、メッシュごとの面積に応じて設定。</li> <li>・向日市資料の事業用は採水深度が深いことから、取水対象層は Dg2 層に設定 (Dg2 層のないところでは Dg3 層と深いところで揚水する)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都の工業(京都府、2019)</li> </ul>
③農業用井戸	京都盆地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H7～8年の地下水揚水量 37,243 千 m<sup>3</sup>/年に対する地下水利用面積 3,024ha より、単位面積あたりの地下水揚水量を 3.37mm/日と定め、本解析で土地利用条件を「田」と定義した範囲のメッシュごとの面積に応じて設定。</li> <li>・京田辺市資料より採水深度が比較的浅いと考えられることから、取水対象層は Dg1 層に設定 (Dg1 層のないところでは Dg2 層、Dg2 層のないところでは揚水しない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第 4 回農業用地下水利用実態調査の概要 (農林水産省、2003)</li> </ul>

※；「京都水道ランドデザイン<京都府水道ビジョン>【別冊資料】(京都府府民環境部、2020年2月一部改訂)  
注1；緑字は井戸個別の情報から地下水揚水量を推計したもの  
注2；赤字は用途別・市区町別の地下水揚水量を、確認された水源井に配分したもの  
注3；青字は用途別・市区町別あるいは京都盆地の地下水揚水量を、土地利用条件に応じて配分したもの

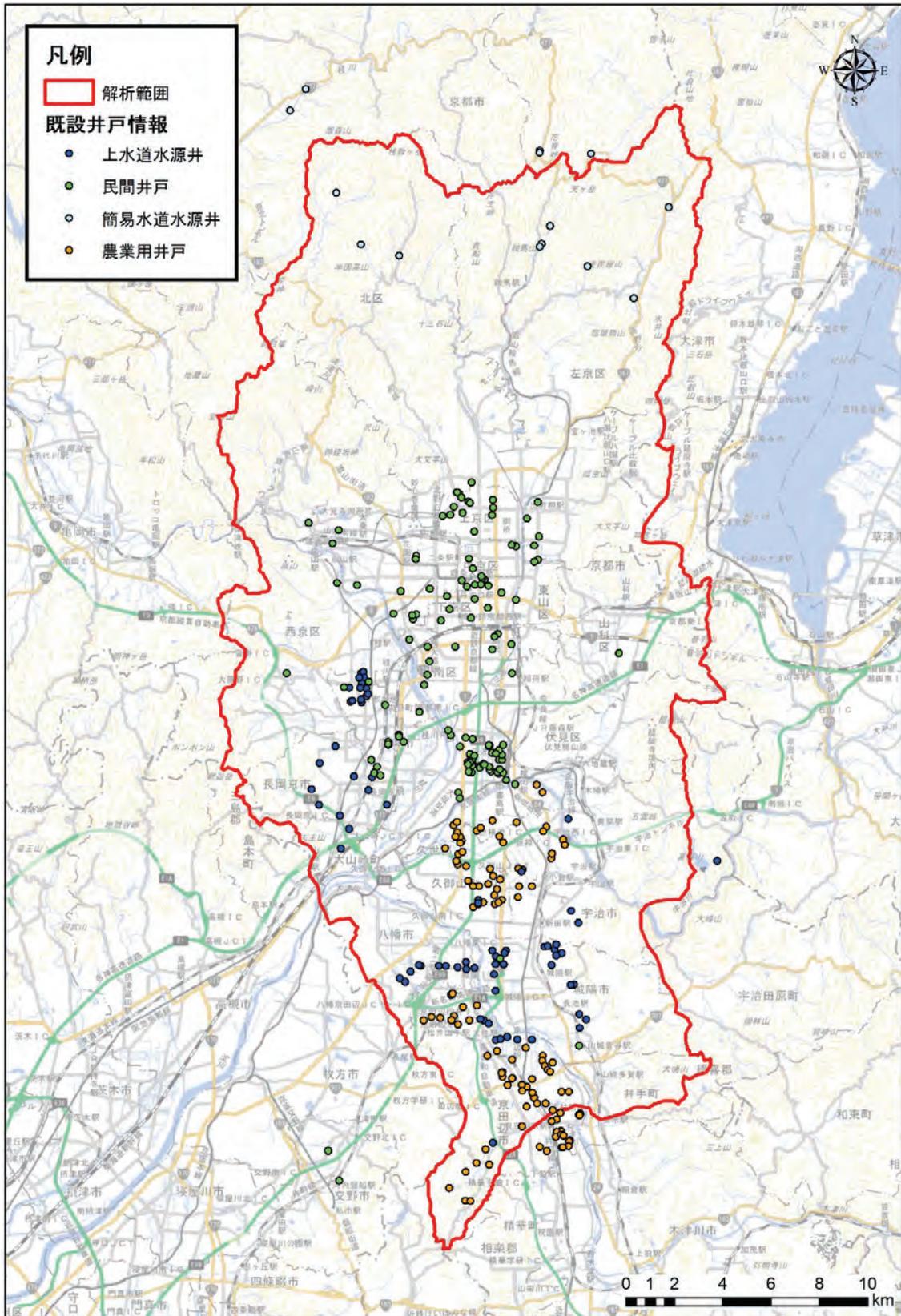


図 2.1.13 地下水揚水井位置図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に水源井位置、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから  
 水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

(2) 表流水の取水・排水（放流）

表流水の利用については、河川水位・流量の解析結果に影響を及ぼすと考えられる大口の河川の取水・排水（放流）の状況について、許可水利権（国交省淀川河川事務所資料及び京都府資料）に関する資料と琵琶湖疏水（京都市資料）に関する資料を収集し、整理した。

許可水利権に関わる、国管理区間の取水地点と取水量のうち、年平均  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  以上取水している大口の取水地点は、A、B、Cの3地点であった。琵琶湖疏水については、京都市への確認の結果、①本線放水口（堀詰町）と②伏見新放水口の2か所で放流しており、これら2か所の流量は  $9.33\text{m}^3/\text{s}$  に及ぶことが分かった。

その他に、天ヶ瀬ダムのやや下流の宇治川に瀬田川の瀬田川洗堰を取水源とする宇治発電所からの放流が見込まれる。表 2.1.7によれば瀬田川洗堰の放流量  $130\sim 200\text{m}^3/\text{s}$  にのぼる。このうち宇治発電所への放流量の実態は不明であるが、「水力発電所データベース（電力土木技術協会）」によれば最大  $61.22\text{m}^3/\text{s}$  と示されている。

表 2.1.6 水循環解析モデルに反映した大口の河川取水・排水（放流）地点一覧

種別	地点名	取水量・排水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	備考
取水	A	0.73	・ H26～R1 実績取水量平均
	B	3.12	・ H26～R1 実績取水量平均
	C ※合計値	0.73	・ H26～R1 実績取水量平均
排水 (放流)	琵琶湖疏水 本線放水口（堀詰町）	4.66	・ 左記地点上流に位置する「孫橋」の2019年の年平均流量 $9.33\text{m}^3/\text{s}$ をもとに設定。 ・ 各放流口放流量は不明のため、半々と仮定
	琵琶湖疏水 伏見新放水口	4.66	

注：「許可水利権に関する資料（国交省淀川河川事務所、京都府）」、「排水量（下水・工場排水等）に関する資料（国交省淀川河川事務所）」、「琵琶湖疏水に関する資料（京都市）」をもとに年平均  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  以上の取水・排水地点を抽出

表 2.1.7 瀬田川洗堰の放流量

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

	放流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )		
	最大	最小	年平均
H23	893.260	19.570	203.990
H24	813.160	20.580	185.310
H25	969.740	15.040	164.070
H26	792.540	54.550	147.580
H27	841.650	28.960	199.496
H28	794.930	26.480	147.108
H29	957.490	33.640	187.941
H30	995.200	48.720	198.107
R1	737.620	36.670	131.856

注：放流量は、琵琶湖疏水＋宇治発＋洗堰である

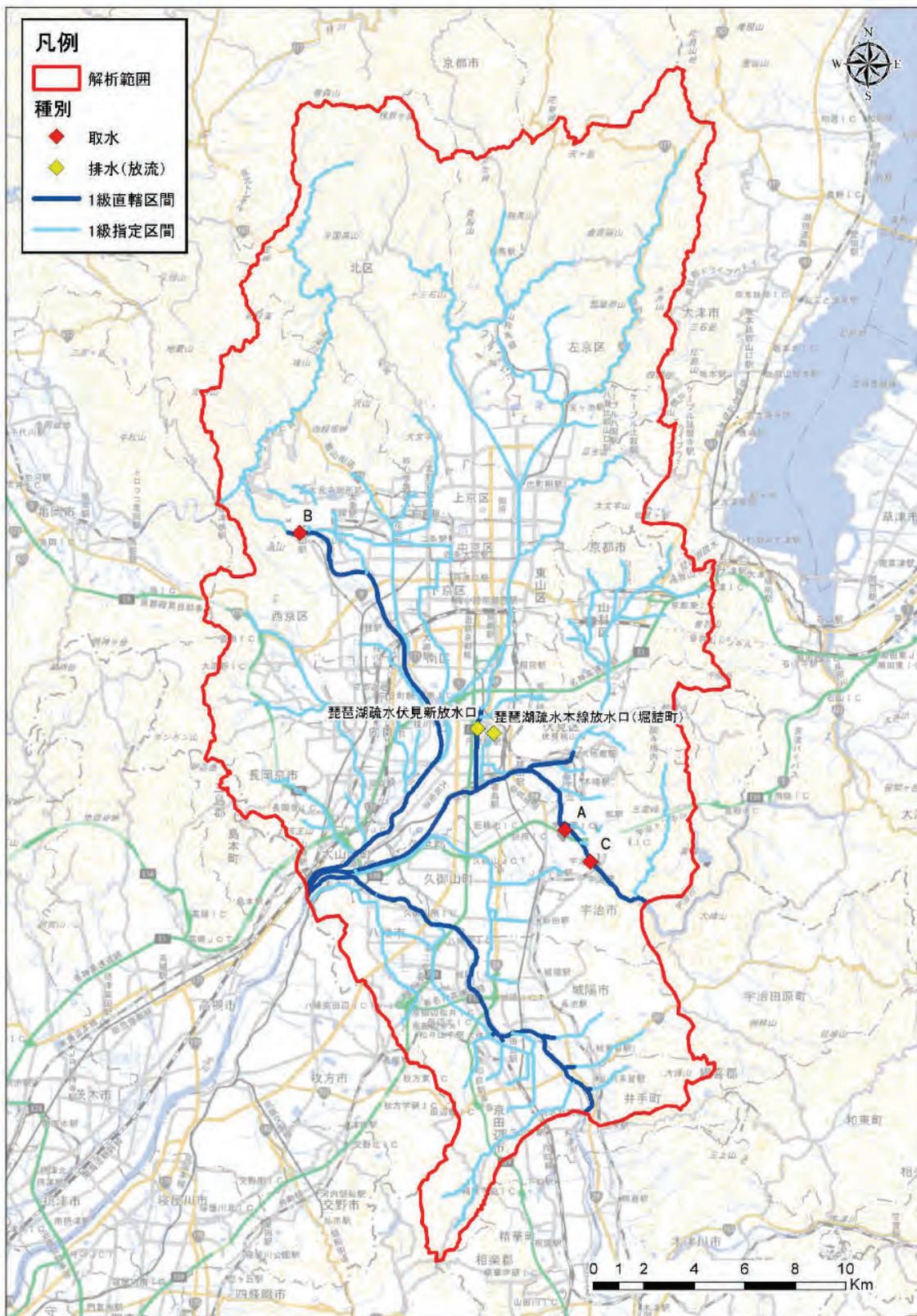


図 2.1.14 河川の取水・排水（放流）地点位置図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に「許可水利権に関する資料（国交省淀川河川事務所、京都府）」、「排水量（下水・工場排水等）に関する資料（国交省淀川河川事務所）」、「琵琶湖疏水に関する資料（京都市）」をもとに抽出した年平均 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 以上の取水・排水地点、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

## 2.1.5. 既存地下構造物

京都盆地内には、すでに数多くの地下構造物が存在する。北陸新幹線が建設される位置によっては、複合的に流動阻害を及ぼす原因になると考えられることから、駅周辺の地下構造物、その他の構造物の情報及び地下を改変した構造物の施工深度・範囲に関する情報を、文献及び関係自治体・機関から得た資料をもとに整理した。

地下構造物は、主に、①鉄道・道路・下水道幹線・共同溝のような線状構造物と、平面的な広がりを持つ②京都駅周辺地下街に分けられる。①については表 2.1.8 及び図 2.1.15 に、②については図 2.1.16 に概要・位置を示す。

表 2.1.8 地下構造物（鉄道・道路・下水道・共同溝）の概要（対象区間と工法）

		対象区間	工法	
鉄道	地下鉄烏丸線	賀茂川横断部	シールド	
		宝ヶ池工区	NATM(防水)	
			NATM(防水) /シールド	
	全般	開削		
	地下鉄東西線	六地藏駅～醍醐駅		駅間：シールド 駅：開削
		醍醐～二条	御陵駅～蹴上駅 (東山トンネル)	NATM
			市役所前駅～烏丸御池駅 二条城前駅～二条駅	駅間：開削 駅：開削
		二条駅～太秦天神川駅		駅間：シールド 駅：開削
		全般	駅部	開削（東西方向）
	他		駅間：シールド 駅：開削	
	阪急京都線	京都河原町駅～西院駅		開削
京阪本線	出町柳駅～東福寺駅		開削	
JR在来線	東山トンネル 等		NATM	
東海道新幹線	東山トンネル、音羽山トンネル		NATM	
道路	阪神高速8号京都線稲荷山トンネル 京滋バイパス宇治トンネル 京都縦貫自動車道西山トンネル		平地部：シールド 山岳部：NATM	
下水道	桂川右岸流域下水道雨水対策事業		シールド 開削（立坑）	
	七条東幹線公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	塩小路幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	鳥羽第2導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	鳥羽第3導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	大手筋幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	大手筋南幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	伏見第3導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	津知橋幹線公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
共同溝	国道9号京都西共同溝事業		シールド 開削（立坑）	
	堀川共同溝シールド工事		シールド 開削（立坑）	

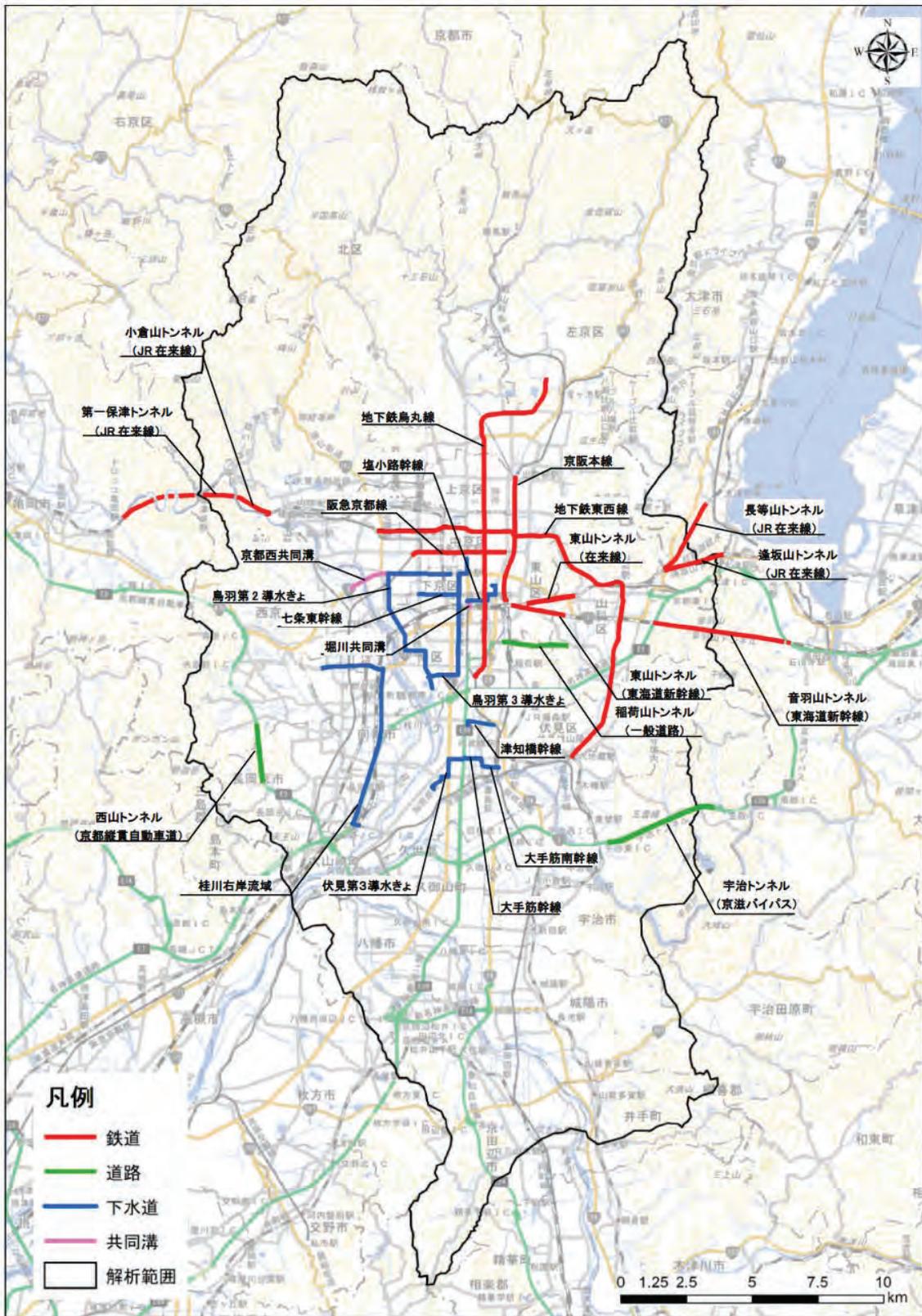


図 2.1.15 地下構造物（鉄道・道路・下水道・共同溝）位置図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下構造物位置、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから  
 水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

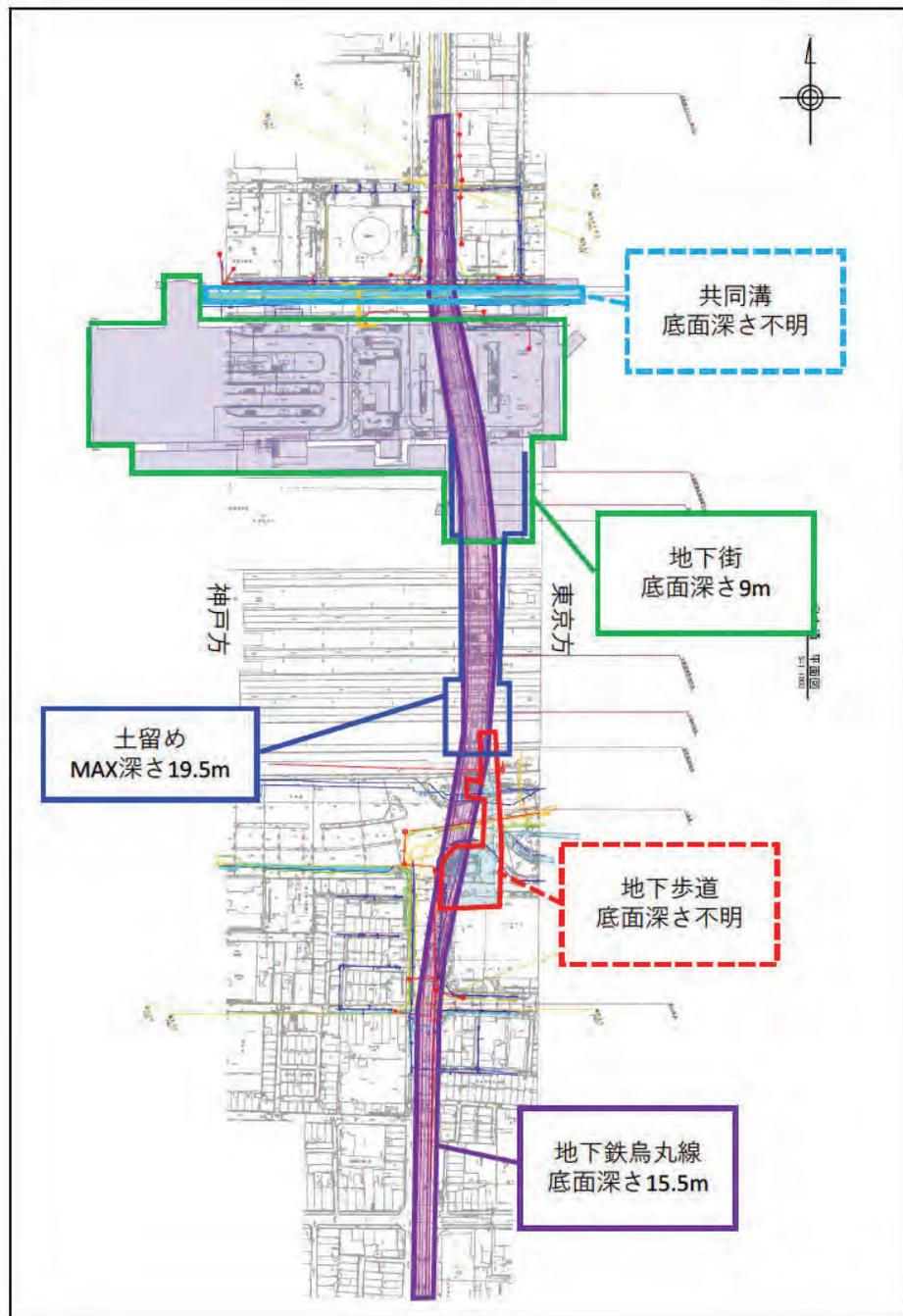


図 2.1.16 地下構造物（京都駅周辺地下街）位置図

出典：「京都市交通局提供資料」を基に作図

## 2.2. 水文・水環境への影響予測

### 2.2.1. 解析の方針

#### (1) 解析手法・解析範囲

環境影響評価方法書に対する自治体意見では、京都府、京都市をはじめ、各自治体より地下水に対する配慮が求められ、特に、三次元の地下水解析の実施や表流水（河川水）への影響予測の実施を要望する意見が多くみられた。よって、京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の解析手法には、地下水と表流水の流れを三次元で解析することができる水循環解析モデル（図 2.2.1 参照）を用いることとし、解析範囲については、南北は京田辺市～京都市北区・左京区、東西は京都市山科区～西京区に至る範囲（図 2.2.2 参照）とした。

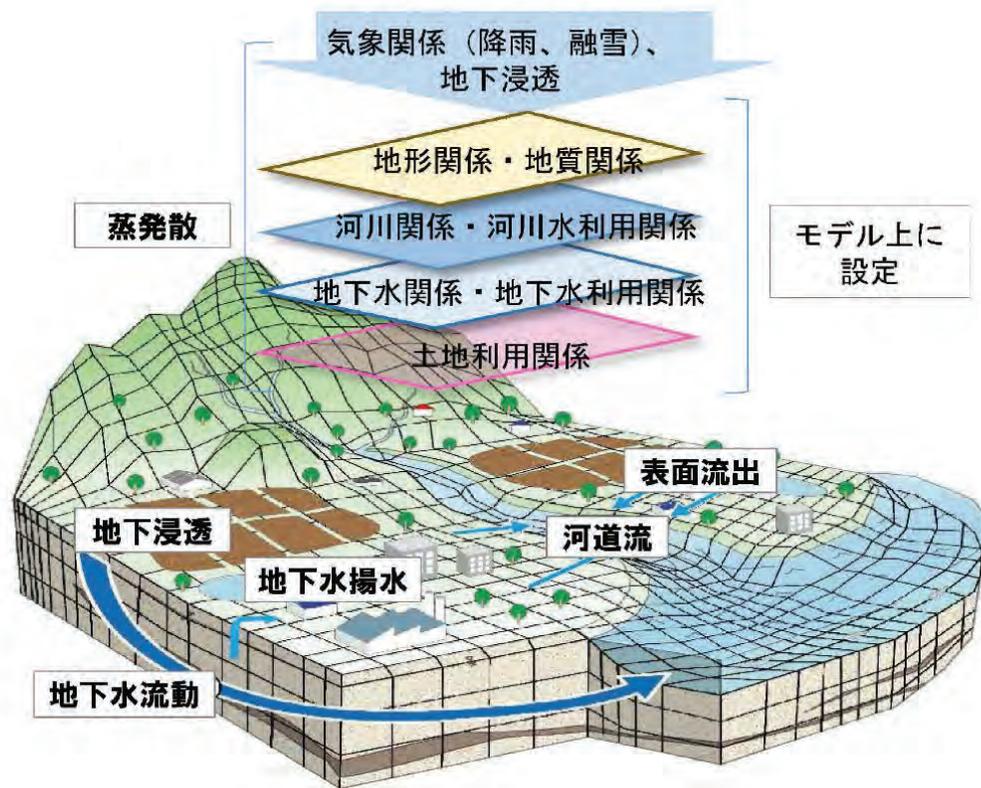


図 2.2.1 水循環解析モデルの概念図

出典：国総研資料第 883 号 水循環解析に関する技術資料（国交省国土技術総合政策研究所、2016）

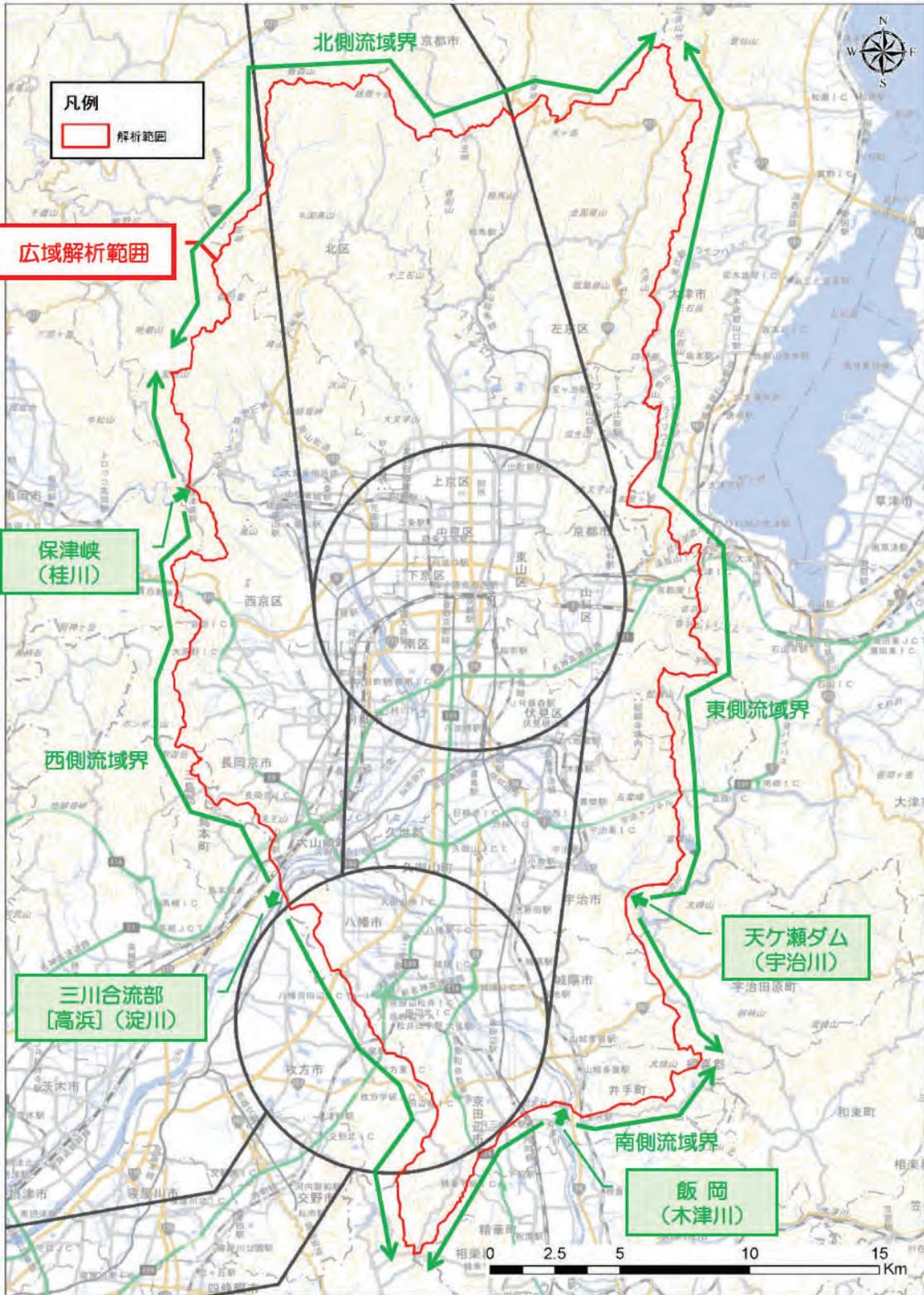


図 2.2.2 京都市及びその周辺域を対象とした解析範囲図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析範囲 他を追加して掲載

## (2) 再現解析（モデル検証）

現況の再現解析は、以下に示す要領で行った。

### ①解析期間設定

- ・ 平水年（2012年）気象条件下での定常計算（気象条件などの外力が一定の下での計算）とする。

### ②再現性の検証方法

- ・ 既設の地下水観測井における過去10年程度の平均地下水位（表2.1.2参照）と計算地下水位を比較・検証する。
- ・ 2018年2月（京都市中心部）の不圧地下水位コンターと計算不圧地下水位コンターを比較・検証する。
- ・ 既設の河川流量観測所における過去10年程度の平均河川流量（表2.1.3参照）と計算河川流量を定量的に比較・検証する。
- ・ 地下鉄東西線工事影響の実績値と計算値を定量的に比較・検証する。
- ・ 既設トンネル（稲荷山トンネル）のトンネル湧水量の実績値と計算値を定量的に比較・検証する。
- ・ 一般的な降水量の水収支と解析範囲全域の水収支を定量的に比較・検証する。

## (3) 影響解析

地下構造物施工等に伴う地下水等への影響解析は、施工中・後の地下水・表流水への影響について各々実施するものとし、以下に示す要領で行った。

### ①解析期間設定

- ・ 平水年気象条件下での定常計算とする。

### ②影響予測の方法

- ・ 施工中・後、及び工法ごとに、地下水・表流水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行う。
- ・ 施工中・後、及び工法ごとに想定される地下水・表流水への影響と解析上の取り扱い（条件設定方法）は表2.2.1に従う。

表 2.2.1 施工中・後、及び工法ごとに想定される地下水・表流水への影響と解析上の取り扱い

区間 (工法)	施工中		施工後	
	最大影響発生状態	解析における 条件設定方法	最大影響発生状態	解析における 条件設定方法
シールド トンネル  及び  NATM トンネル (防水)	<p>・施工中・後とも、トンネルの存在による地下水流動阻害の影響が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「全区間にシールドトンネルが存在した状態」とする。</p>	<p>⇒シールドトンネルに該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p>	<p>・施工中・後とも、トンネルの存在による地下水流動阻害の影響が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「全区間にシールドトンネルが存在した状態」とする。</p> <p>※施工中と同じ</p>	<p>⇒シールドトンネルに該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> <p>※施工中と同じ</p>
NATM トンネル	<p>・施工中・後とも、トンネル湧水の発生による地下水位の低下や河川・沢水流量の減濁水が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「全区間にNATMトンネルが存在した状態」とする。</p>	<p>⇒NATMトンネルに接する計算要素の面を浸出境界(飽和時の節点は大気圧開放状態(圧力水頭<math>\phi=0</math>))に設定。</p>	<p>・施工中・後とも、トンネル湧水の発生による地下水位の低下や河川・沢水流量の減濁水が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「全区間にNATMトンネルが存在した状態」とする。</p> <p>※施工中と同じ</p>	<p>⇒NATMトンネルに接する計算要素の接面を浸出境界(節点を大気圧開放状態(圧力水頭<math>\phi=0</math>))に設定。</p> <p>※施工中と同じ</p>
駅部 (開削)	<p>・土留壁内の掘削底面で釜場排水を行った時に影響が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「土留壁内で掘削底面まで水位低下した状態(ドライアップした状態)」とする。</p>	<p>⇒開削区間に接する計算要素の側面を閉鎖(不透水)境界に設定。</p> <p>⇒掘削底面の地盤は地盤改良により難透水に設定。 (図 2.2.4 参照)</p>	<p>・地下構造物の存在による地下水流動阻害の影響が最も大きくなると想定される。</p> <p>⇒予測条件は「土留壁内に地下構造物が存在した状態」とする。</p>	<p>⇒土留壁内の地下構造物に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p>

(前頁続き)

区間 (工法)	施工中		施工後	
	最大影響発生状態	解析における 条件設定方法	最大影響発生状態	解析における 条件設定方法
立坑 (ニューマチックケーソン)  (図 2.2.3 参照)	<ul style="list-style-type: none"> <li>立坑内への地下水湧出はないが、施工中・後とも立坑の存在による地下水流動障害の影響が最も大きくなると想定される。</li> </ul> ⇒予測条件は「全深度にケーソン立坑が存在した状態」とする。	⇒ケーソン立坑に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。	<ul style="list-style-type: none"> <li>立坑内への地下水湧出はないが、施工中・後とも立坑の存在による地下水流動障害の影響が最も大きくなると想定される。</li> </ul> ⇒予測条件は「全深度にケーソン立坑が存在した状態」とする。  ※施工中と同じ	⇒ケーソン立坑に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。  ※施工中と同じ

注：駅部・立坑の施工方法は現時点で未定のため、予測条件も暫定である。

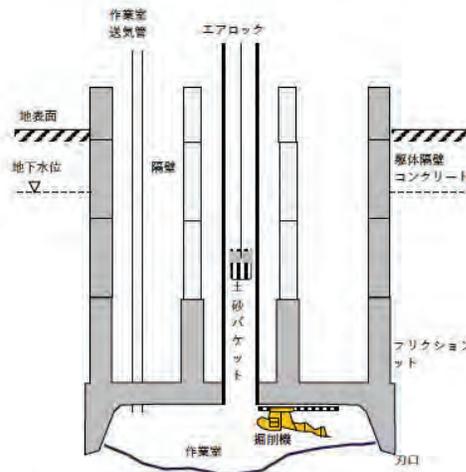


図 2.2.3 ニューマチックケーソンの構造

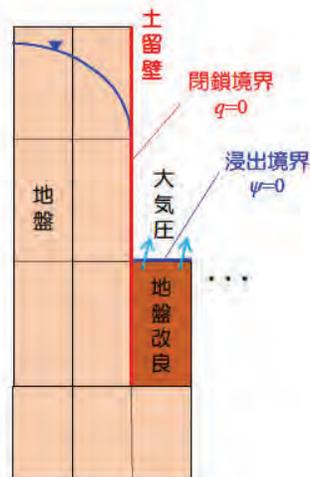


図 2.2.4 駅部（開削）の設定イメージ

## 2.2.2. 三次元モデルの構築

### (1) 水循環解析モデル

本業務では、地下水・表流水を対象とした水循環解析モデルでは、国内で開発され、汎用性も高い GETFLOWS（開発元：登坂博行（東京大学名誉教授））を使用した。

GETFLOWS の概要については、参考資料 5 にまとめた。

### (2) 境界条件

広域解析における境界条件については、以下のとおり設定した。

#### 1) 基本的な設定

境界条件を設定する解析範囲の縁は表流水の流域界であり、概ね地下水の分水界にも相当することから閉鎖境界とした。ただし、河川の流入・流出地点については、以降のとおり設定した。

#### 2) 河川の流入

境界を越えて流入する大河川（桂川、宇治川、木津川）については、当該境界地点を河川上流端の既知河川流量境界とした。

流入量は、近傍の河川流量・水位観測所（保津峡（桂川）、天ヶ瀬ダム（宇治川）、飯岡（木津川））における解析年（平水年の 2012 年）の年平均値を設定した。このうち、天ヶ瀬ダムについては、瀬田川洗堰の放流量（表 2.1.7 参照）や、「水力発電所データベース（電力土木技術協会）」に掲載された宇治川発電所の放流量（最大  $61.22\text{m}^3/\text{s}$ ）等を踏まえ、宇治発電所から宇治川に相当量の流入があると考えられることから、本解析では天ヶ瀬ダム地点の境界流量を  $+100\text{m}^3/\text{s}$  積み増しした  $223.82\text{m}^3/\text{s}$  とした。

#### 3) 河川の流出

境界を越えて流出する河川（淀川）については、当該境界地点を河川下流端の既知河川水位境界とし、周辺の地盤高及び最下流の浅井戸である大山崎観測所の 10 年平均地下水位（E. L. +4.40m）（参考資料 1 図 1-44 参照）等を参考に E. L. +4.0m に設定した。

### (3) 解析条件

#### 1) 気象条件

水循環解析では、地下水・表流水の起源である有効雨量を設定する。有効雨量は降水量から実蒸発散量を差し引いて求められる。

本解析では、既往降水量から確率規模（再起確率、何年に1度発生する雨か）を確認して解析年を検討した。そのうえで、水循環解析では、一般的に平水年（平均的な降水量の年）を解析年とすることから、本解析においても平水年を現況再現と影響予測の解析年とした。

#### a) 解析年の検討

解析年の検討の詳細については、参考資料3.c)に示す。

検討の結果、平水年は2012年と定めた。

#### b) 降水量

有効雨量を算定するにあたって用いた解析年の年間降水量の分布を図2.2.5に示す。もともとなるのは解析雨量データによる年間降水量(②)であるが、表2.2.2に示すように解析範囲内にある4つの気象庁観測所(アメダス)の年間降水量(①)に対して②が大きい。このため、4地点の比率(①/②)の平均を求め、これを補正係数として、解析雨量データ<sup>注</sup>に乗じたものを、解析年の年間降水量の分布とした。

表 2.2.2 アメダス雨量と解析雨量の比較 (2012 年年間降水量)

単位：mm/年

観測所	アメダス (①)	解析雨量 (②)	①/②
京都	1562.0	2325.2	0.672
京北	1661.0	2372.8	0.700
長岡京	1544.5	1955.2	0.790
京田辺	1680.0	2455.4	0.684
平均			0.711

注：解析雨量データとは、気象庁・国土交通省が保有する気象レーダーの観測データに加え、気象庁・国土交通省・地方自治体が保有する全国の雨量計のデータを組み合わせて、1時間の降水量分布を1km四方の細かさで解析したもの（気象庁HPより抜粋）

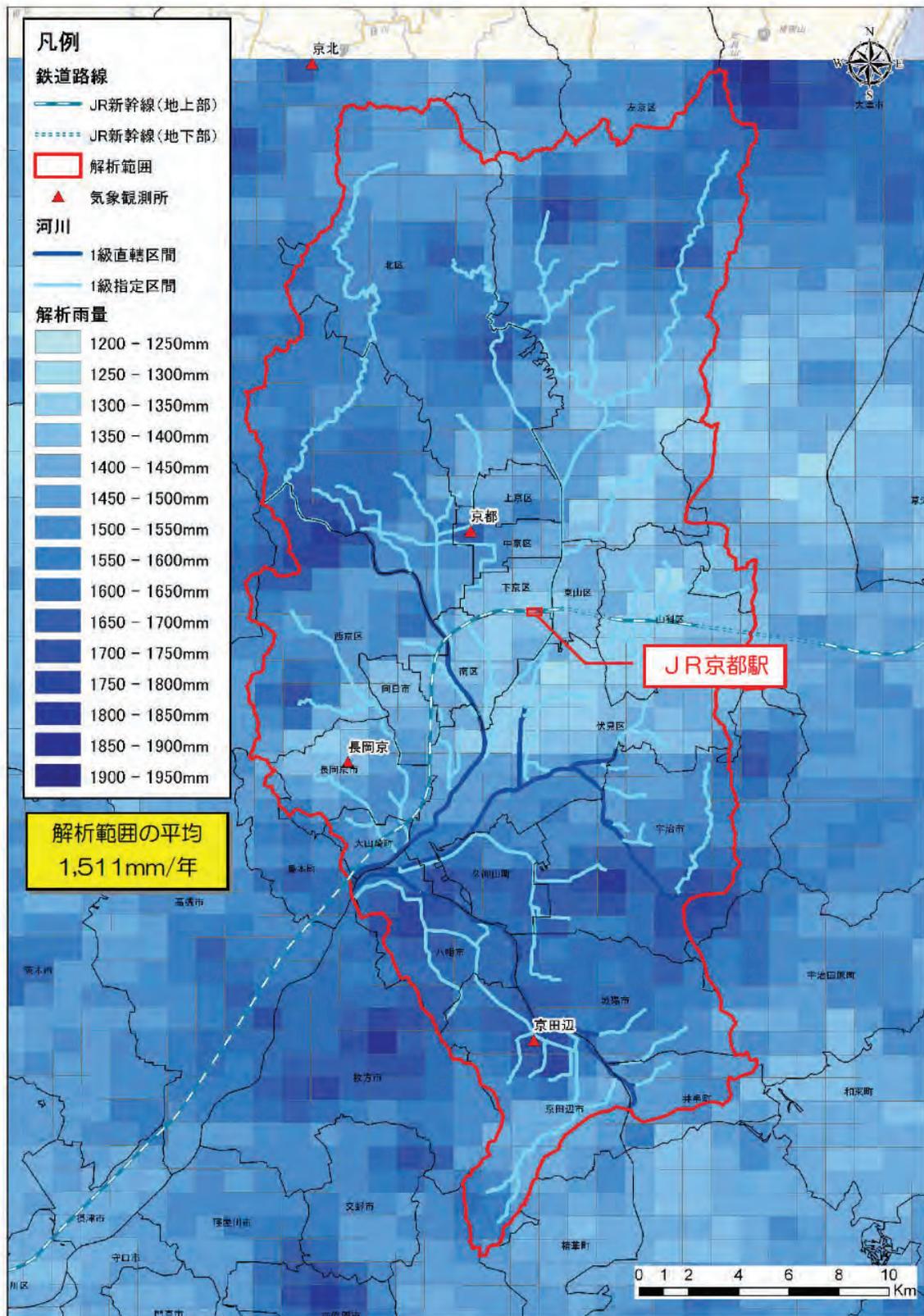


図 2.2.5 解析年(平水年:2012年)の年間降水量分布図  
 出典:「地理院タイル淡色地図(国土交通省 国土地理院)」に、「解析雨量(国土交通省気象庁)」をもとにメッシュごとに積算し実測との補正比率0.711を乗じたデータ、解析範囲 他を追加して掲載

c) 実蒸発散量

有効雨量の算定に必要な実蒸発散量については、京都観測所（気象庁）の気温データをもとに、当該地点の気温を高度補正式により推定し、推定した気温からハーモン法を用いて可能蒸発散量を求め、これに「蒸発散（その8）－蒸発散量の推定法－（大槻恭一、1989、農業土木学会誌第57巻第11号）」を参考として設定した季節別蒸発散比（表 2.2.3 参照）を乗じて算定した。

ただし、上記の方法による算定値は、「田」「その他の農用地」「森林」「荒地」「海浜」「ゴルフ場」の土地利用に適用し、常時水面を見せる「河川及び湖沼」「海水域」には可能蒸発散量を適用した。また、上記の方法による実蒸発散量の推計は、建物用地以外（図 2.1.12 参照）の土地利用に適用した。建物用地については「神田川流域水循環系再生構想検討報告」（健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議、2003）の水収支（降水量 1,512mm/年に対する蒸発散量 231mm）に基づき、降水量の 15%を採用した。

<気温の高度補正式>

$$T = T_b - 0.65(El_v - El_{vb})/100$$

ここで、 $T$  : 当該地点の気温  
 $T_b$  : 京都観測所の気温  
 $El_v$  : 当該地点の標高  
 $El_{vb}$  : 京都観測所の標高

<可能蒸発散量推定式（ハーモン法）>

$$E_p = 0.14 \times D_0^2 \times P_t$$

ここで、 $E_p$  : 日平均蒸発散能(mm/日)  
 $D_0$  : 可照時間(12hr/日)  
 $P_t$  : 日平均気温に対する飽和絶対湿度(g/m<sup>3</sup>)

<季節別蒸発散比>

表 2.2.3 季節別蒸発散比設定値一覧

期 間	11~2月	3~4月	5~8月	9~10月
蒸発散比	0.6	0.7	0.8	0.7

2) 土地利用条件

水循環解析では、地表面における水の流れ易さを規定するパラメータとして、土地利用条件との相関が高い「マニングの粗度係数」を用いる。

本解析では、一般値（参考資料 8 参照）を参考とし、図 2.1.12 に示す土地利用区分に応じて、表 2.2.4 のとおり設定した。

表 2.2.4 粗度係数設定値一覧

分類	マニングの粗度係数 (m <sup>-1/3s</sup> )
田	1.0
その他農用地	0.2
森林	0.4
荒地	0.2
建物用地	0.03
道路	0.03
鉄道	0.03
その他の用地	0.03
河川地及び湖沼	0.03
海浜	0.03
海水域	0.03
ゴルフ場	0.2

### 3) 河川条件

#### a) 河道のメッシュ化

水循環解析では、地下水位だけでなく河川・沢水流量も計算対象であり、モデルの再現性の検証や地下構造物等（特に NATM トンネル）に伴う影響予測をするうえで重要な要素のひとつである。このため、河道の形状は可能な限り忠実にメッシュ化することが望ましい。

解析範囲に分布し、メッシュ化の対象とした河川の抽出結果を図 2.2.6 に示す。本解析では、河川種別ごとに、下記の方針を原則として、河川断面のメッシュ化を行った。

- 1 級直轄区間
  - 河川管理者
    - ・ 国（淀川河川事務所）
  - 収集資料
    - ・ 河川平面図、河川縦断図、河川横断図、LP データ
  - 水循環解析モデルへの反映
    - ・ 比較的大きい河道断面積を確保するため、LP データと河川縦断図（このうち平均河床高）をもとに、台形型（）の河道形状、あるいは台形 2 段（）の河道形状として水循環解析モデルに反映
- 1 級指定区間
  - 河川管理者
    - ・ 京都府（河川課、砂防課、土木事務所（京都、山城北、山城南、乙訓））
  - 収集資料
    - ・ 河川平面図、河川縦断図、河川横断図、LP データ
  - 水循環解析モデルへの反映
    - ・ 河道断面積を確保するため、LP データと河川縦断図（このうち平均河床高）をもとに、台形型（）の河道形状として水循環解析モデルに反映
- 指定区間外、不明河川
  - 河川管理者
    - ・ 指定区間外は、市町村が管理を行っている。
    - ・ 不明河川については、管理者は不明もしくは管理されていない。
  - 収集資料
    - ・ 公開 DEM（5mDEM, 10mDEM）
  - 水循環解析モデルへの反映
    - ・ 国・京都府から収集した LP データ及び公開 DEM（5mDEM, 10mDEM）をもとに、谷型（）の河道形状として水循環解析モデルに反映

#### b) 河川の取水・排水

水循環解析では、大口の河川の取水・排水（放流）は河川水位・流量の解析結果に影響を及ぼす。このため、可能な限り河川の取水・排水（放流）条件を設定しておくことが望ましい。

本解析では、「許可水利権（国交省淀川河川事務所資料）」と「琵琶湖疏水（京都市資料）」を対象に情報収集・整理した、表 2.1.6 及び図 2.1.14 に示す 5 地点について設定した。

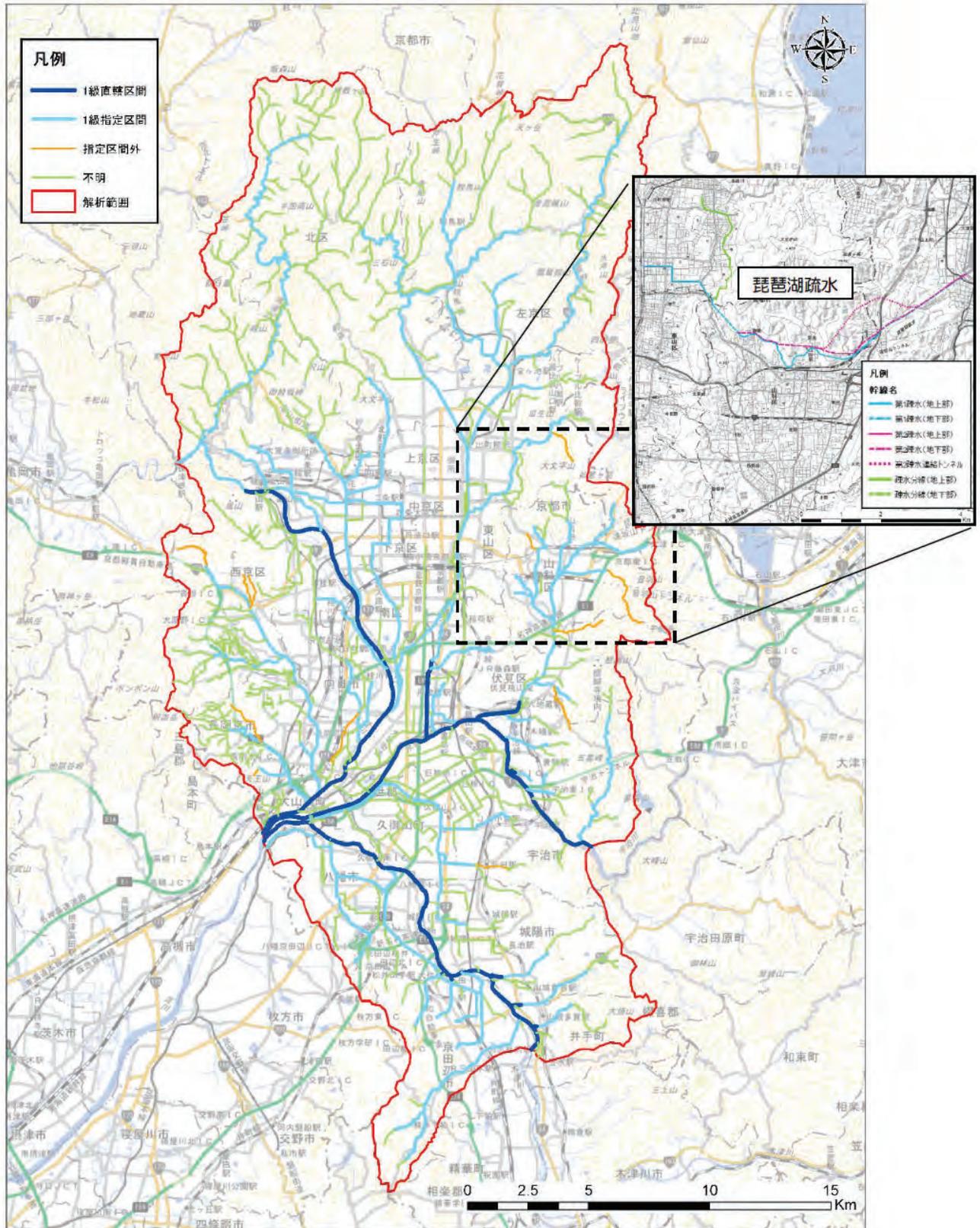


図 2.2.6 河川分布図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に河川区間、解析範囲 他を追加して掲載

#### 4) 地下水揚水条件

水循環解析では、地下水揚水は地下水流動を規定する要素のひとつである。このため、可能な限り地下水揚水条件を設定しておくことが望ましい。

本解析では、解析範囲内の地下水揚水量を、表 2.1.5 に示す要領で推計した値と図 2.1.13 に示す個別の水源井の位置をもとに設定した。

#### 5) 既存地下構造物

水循環解析では、既存の地下構造物も現状の地下水流動を規定する要素となる。このため、既存地下構造物についても、可能な限り忠実にメッシュ化することが望ましい。

本解析では、表 2.1.8 と図 2.1.15 に示す鉄道・道路・下水道幹線・共同溝、及び図 2.1.16 に示す京都駅周辺の地下街を対象とし、メッシュ化を行った。

### (4) 三次元地質モデル

#### 1) 地層モデル区分

図 2.2.7 に示すように、京都市及び周辺域の地形は、「山地」、「丘陵」、「段丘」、「低地（平野）」、更には京都市北部地区を中心とする「扇状地」に大別される。また、地層区分は、図 2.2.8 の河村他（2016）等、対象地の地形・地質等によれば、上位より「沖積相当層」「扇状地堆積物」「段丘堆積物」「大阪層群」「基盤層」に大別される。これら、地形と地層との関係を整理すると、表 2.2.5（中央）のとおりまとめられる。

水循環解析に用いる地層モデルについては、以下のような水理地質的特性を踏まえ、表 2.2.5（右端）のとおり区分した。

- ・京都盆地の表層には大部分の地域で礫層が見られ、その上位に細粒土（砂・シルト・粘土）が被覆しており、北部では一部礫層が地表面に露出している。南部では巨椋池干拓地を中心にして、沼沢地や後背湿地で堆積したとみられる軟弱な粘土・シルト層が分布する。よって、水理地質的には、この細粒土主体の軟弱層を沖積相当層（A層）とした。
- ・京都盆地内の大阪層群は、海成粘性土層（Ma9, 6, 5, 4, 3 相当層）が確認されており、■■■■で実施された地質調査においても深度 66.0m~78.9m に Ma9 相当層が堆積していることが確認された（参考資料 6 図 6-12 参照）。海成粘性土層の間及び上下端には陸成砂礫層が分布することから、水理地質的には、Ma9, 6, 5, 4, 3 層と、その上下に堆積する 6 層の砂礫層に区分した。
- ・京都市周辺域の浅層地下水の帯水層を構成する扇状地堆積物・段丘堆積物・大阪層群（Ma9 相当層以浅の砂礫層）は、いずれも類似する更新世（洪積世）の砂礫層であり、その境界は不明瞭である。既往調査結果等でこれらの地層境界を京都盆地内全域でとりまとめたものもない。よって、水理地質的には、扇状地堆積物・段丘堆積物・Ma9 以浅の大阪層群砂礫層を一括りに洪積相当層（Dg1 層）とした。
- ・但し、地下鉄東西線や伏見地区の地質調査結果等によれば、Dg1 層も比較的連続性のある粘性土によって 2 層に区分された帯水層であると考えられたため、上位の砂礫層 Dg1 層（上）、挟材する粘性土層 Dc1 層、下位の砂礫層 Dg1 層（下）の 3 層に細分化した。  
（注：Dg1 層の細分化の詳細については、参考資料 6 に示す）
- ・基盤岩は、頁岩・砂岩・泥岩・チャート・緑色岩などから構成される丹波帯の中・古生層

からなり、比叡山と如意ヶ岳に挟まれた山地部には黒雲母花崗岩からなる北白川花崗岩（比叡花崗岩体）が分布する。水理地質的には、主たる岩相ごとに区分することとした（2.2.2(4)6 参照）。

- ・山地部の表層については、風化層として扱った。



図 2.2.7 対象地の地形区分図

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」をもとに作成

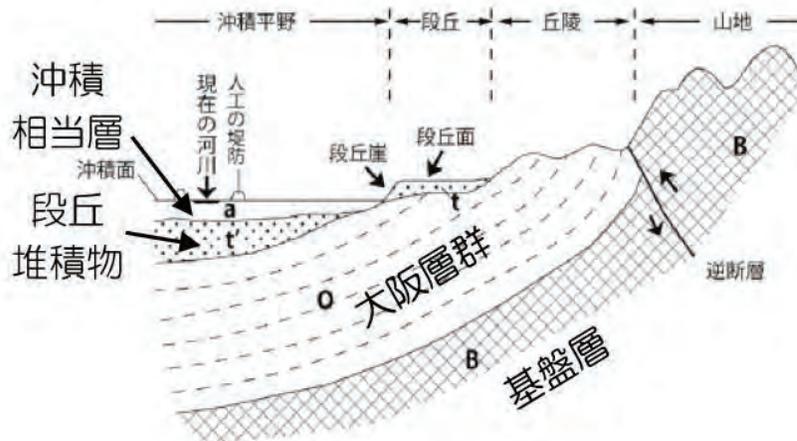


図 2.2.8 対象地の模式断面図

出典：「京都で学ぶ地学と世界遺産—教員養成大学・学部における地学野外実習改善の試み—（河村愛・河村善也、2016、愛知教育大学研究報告，自然科学編（65）」に一部加筆



## 2) 帯水層境界の等高線

帯水層を三次元的にモデル化するにあたり、地表面、沖積相当層下面（洪積相当層上面）、Ma9層及びMa6～Ma3層上面、基盤岩上面の帯水層境界の等高線について検討した。

検討内容の詳細については、参考資料7にまとめた。

## 3) 平面的なゾーニング

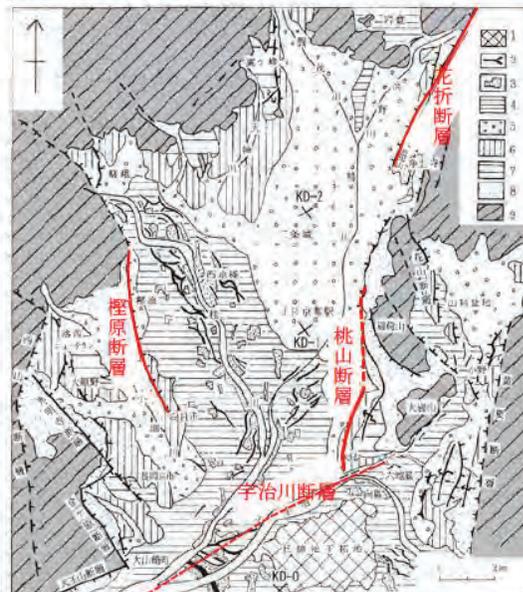
本検討では、再現性の高い三次元地質モデルを構築するため、先の表 2.2.5 で示した地層モデル区分の特徴や地域性等を踏まえ、次の観点から平面的にゾーニングしてモデル化することを基本とし、再現解析の過程で設定・調整した。

A層（沖積相当層）	宇治川・木津川流域で砂分が卓越する流域ごとの特徴（図 2.1.5 及び図 2.1.6 参照）やその他の特徴的な地質を踏まえゾーニング
Base層（基盤層）	チャート、頁岩、砂岩、花崗岩等の岩種や水理地質特性を踏まえゾーニング

## 4) 京都市周辺域に分布する断層の影響

京都市周辺域には、図 2.2.9 のとおり宇治川断層を始めとする活断層が多く存在している。図 2.2.10 に示すように、本検討の鍵層（キー層：浅層地下水と深層地下水を分断する層）となっている大阪層群中の海成粘性土 Ma9 層等が、断層により著しくずれ・急変等が確認される箇所がある。

本解析の地質モデルでは、上記の状況を踏まえて、既往資料により檜原断層、花折断層、宇治川断層、桃山断層の活動に伴う地質のずれ・急変等を反映することを基本とし、現況再現解析の状況を踏まえ設定・調整した。



1. 下拓地 2. 旧河道 3. 自然堤防および盛り土 4. 後背湿地 5. 扇状地および谷底平野  
6. 低位段丘 7. 高位段丘 8. 丘陵 9. 基盤山地

図 2.2.9 檜原、花折、宇治川、桃山断層の位置図

出典：「変位地形と地下構造からみた京都盆地の活断層  
(植村善博、2004、京都歴史災害研究 第2号)」に一部加筆

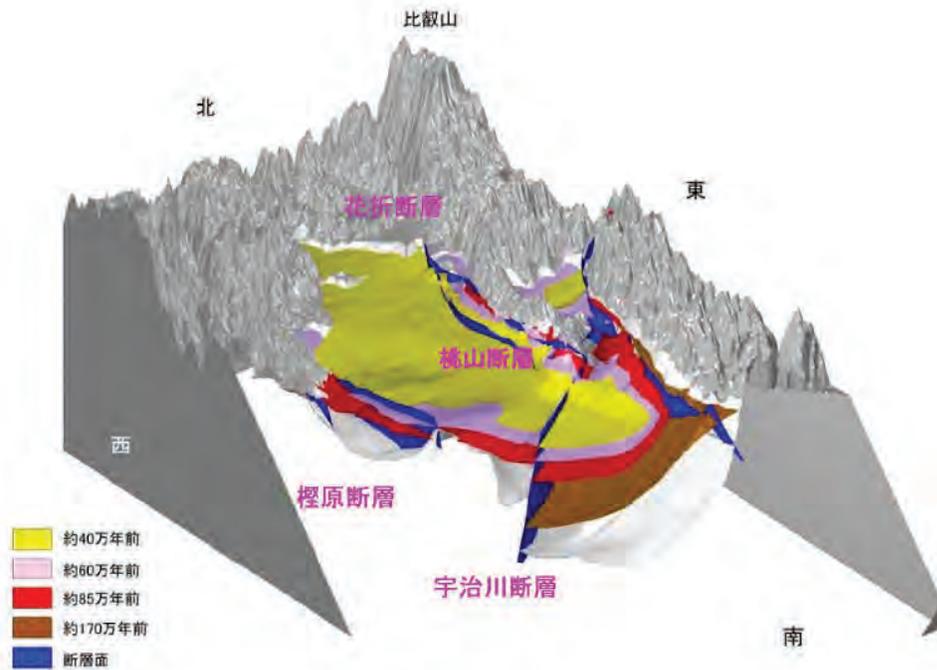


図 2.2.10 桜原、花折、宇治川、桃山断層と地質の関係

出典：「平成13年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書  
(京都市消防局防災対策室、2002)」に一部加筆

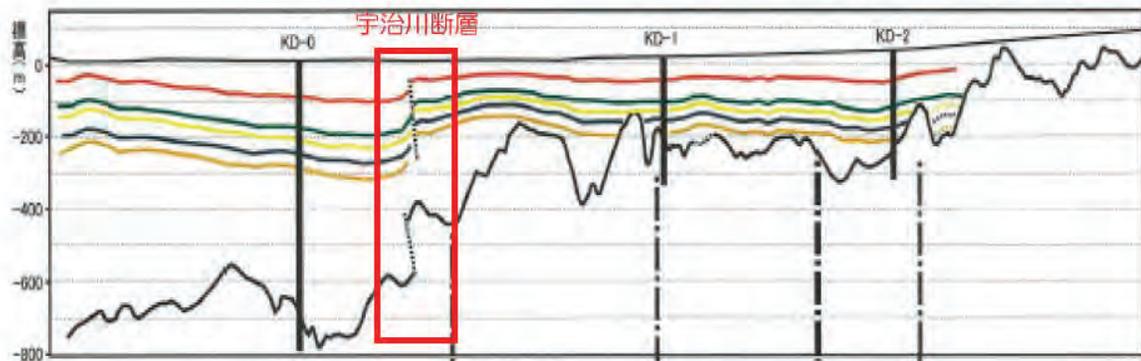


図 2.2.11 断層が地質に影響している宇治川断層の例

出典：「平成14年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書  
(京都市消防局防災対策室、2003)」に一部加筆

### 5) 三次元地質モデルの構築結果

構築した三次元地質モデルの鳥瞰図を図 2.2.12 に示す。

既往地質断面と三次元地質モデルの比較を図 2.2.13(1)(2)に示す。宇治川断層による地層の急変や、Ma 層及び基盤岩の分布状況を反映できていることが分かる。なお、Ma 相当層の堆積は京都盆地全域に及んだと考え、基盤岩まで延長している。

五条測線

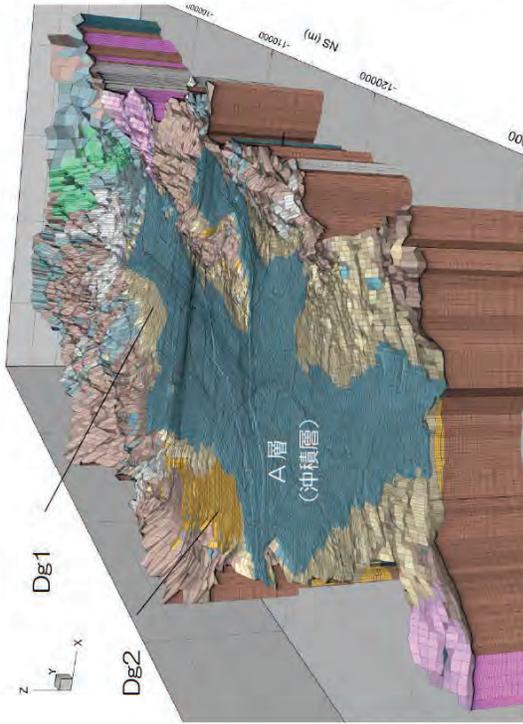
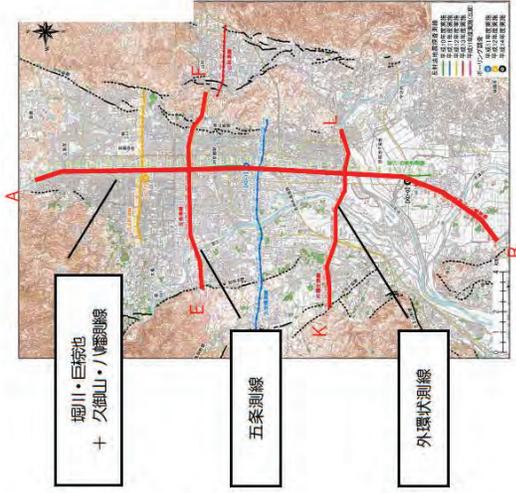
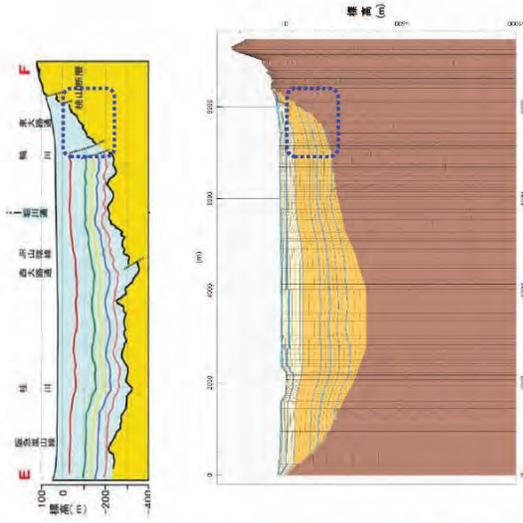
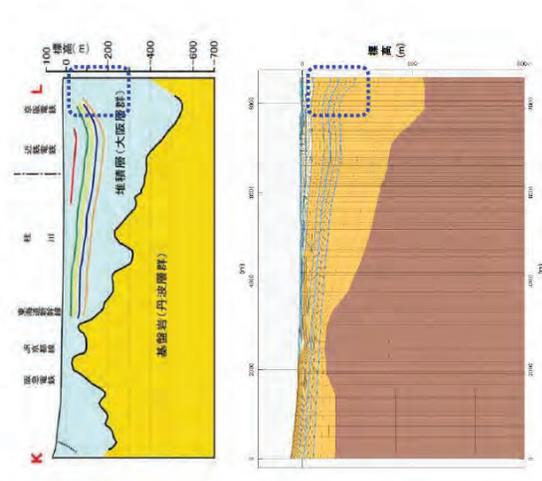


図 2. 2. 12 三次元地質モデル鳥瞰図

外環状測線

⋮: Ma 相当層の堆積は京都盆地全域に及んだと考え、基盤岩まで延長した。



堀川・巨椋池・久御山・八幡測線

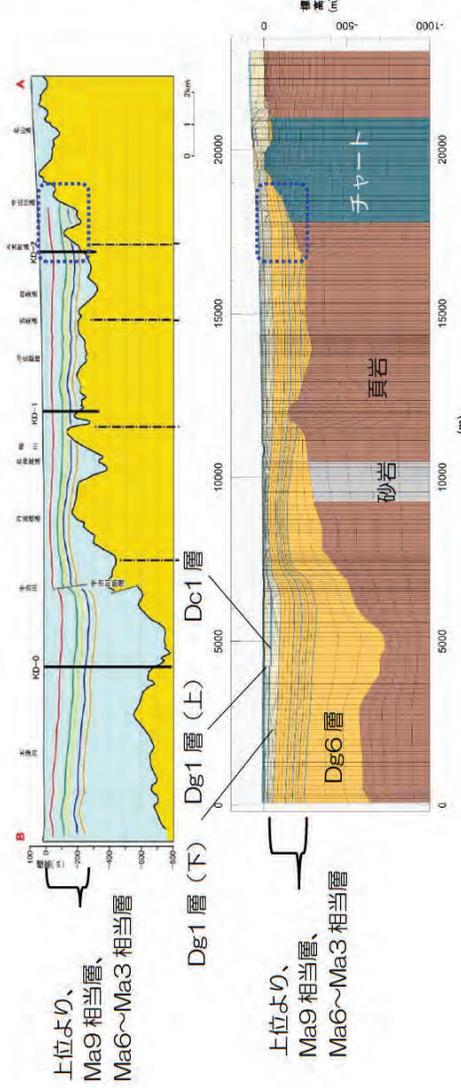


図 2. 2. 13 (1) 三次元地質モデル断面図 (1)

上段: 「新関西地盤一京都盆地一 (関西地盤情報活用協議会, 2002)」より、下段: 地質モデル

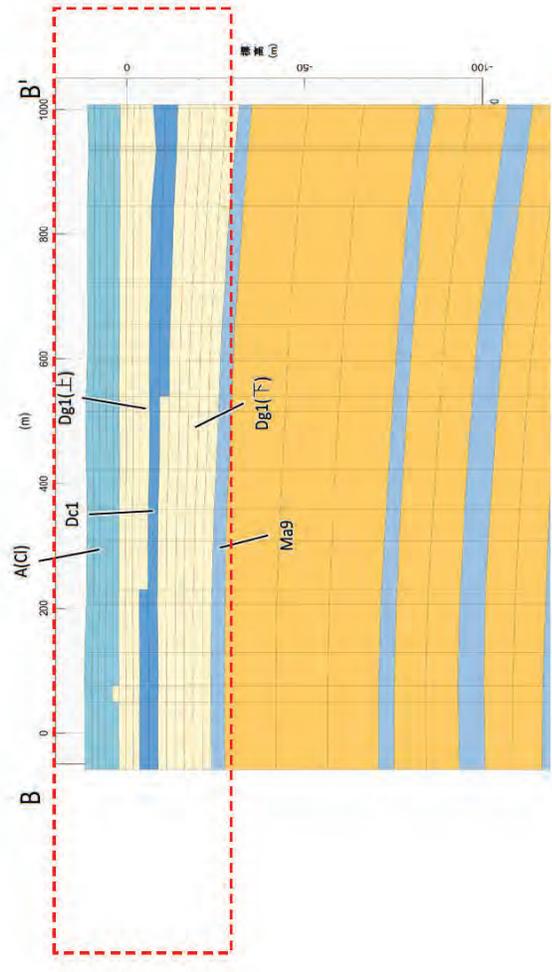
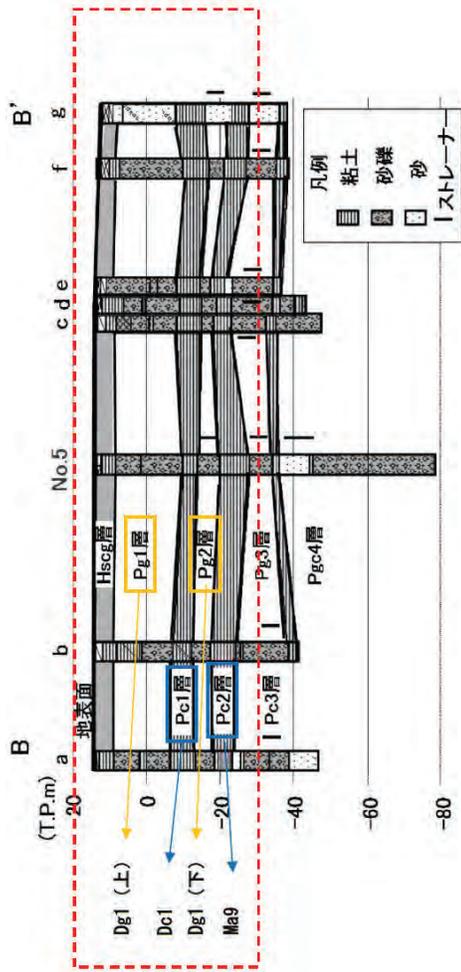
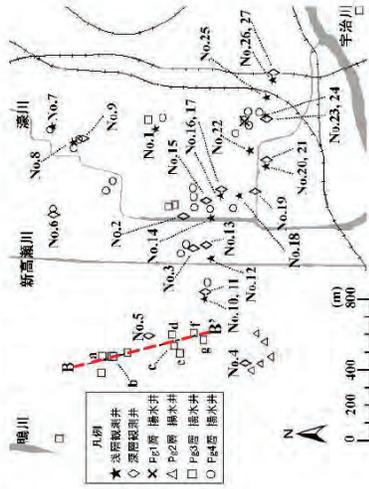


図 2.13(2) 三次元地質モデル断面図(2)  
 出典(上段縦断面及び平面図):「京都市伏見区域における現場計測による地下水性状の把握と3次元浸透流解析(北岡真文ほか, 2013, 応用地質 第54巻第1号)」に一部加筆

## 6) 帯水層の水理定数

帯水層ごとに設定した水理定数の一覧を表 2.2.6 に示す。透水係数の設定値は、同表に示す一般値の他、解析範囲の水源井や地質調査で行われた揚水試験及び現場透水試験結果（参考資料9 参照）を参考に、後述の再現解析の比較・検証を行う中で設定した。

なお、水循環解析モデルでは、地下水の解析にあたり、飽和度と毛管水圧（負の圧力水頭）の関係を表す水分特性曲線（ $S-\psi$  関係、ここで  $S$  : 飽和度、 $\psi$  : 毛管水圧）と、飽和度と比透水係数の関係（ $S-k_r$  関係、ここで  $k_r=k/k_s$  で  $k$  : 透水係数、 $k_s$  : 飽和透水係数）をもとに、透水係数を設定する。本解析では、図 2.2.14 のとおり設定した。

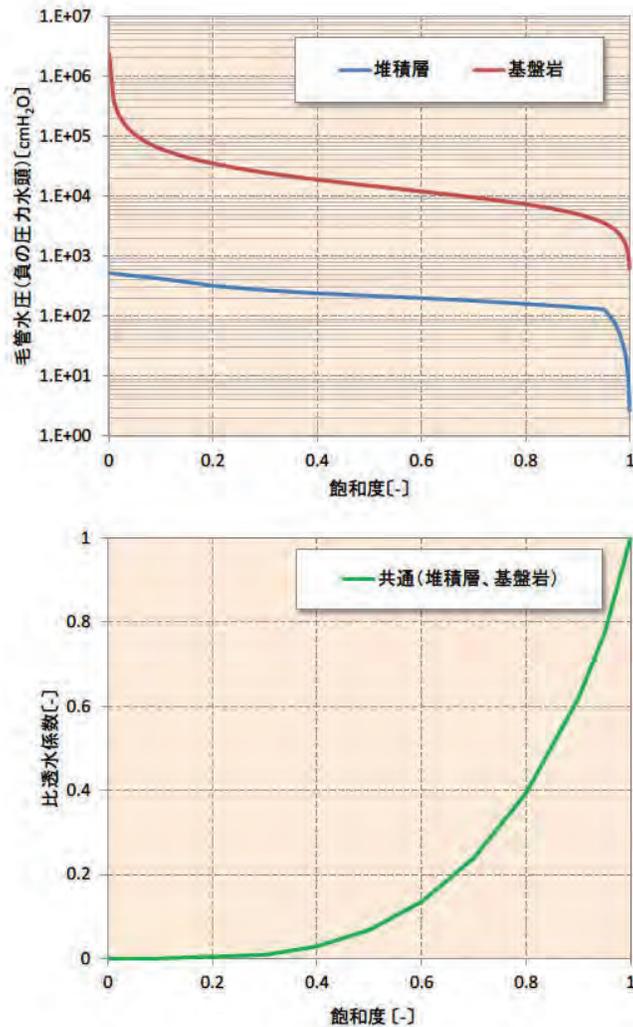


図 2.2.14 水分特性曲線（ $S-\psi$  関係式）と飽和度と比透水係数の関係（ $S-k_r$  関係式）



## 2.2.3. 再現解析

### (1) 地下水位の検証

水循環解析モデルの再現性検証結果を図 2.2.15 に示す。ここで、観測水位は、過去 10 年の地下水位の平均値とした (表 2.1.2 参照)。また、図 2.2.16 には実測値より描いた地下水位コンターと計算値による地下水位コンターの比較図を示す。

図 2.2.15 によれば、計算水位は全般に観測水位より高い傾向にあるものの、全地点の RMSE は 3.73m、誤差平均は 2.39m と小さい。また、図 2.2.16 によれば、地下水位コンターも、全域的な計算水位と観測水位の分布は概ね整合している。

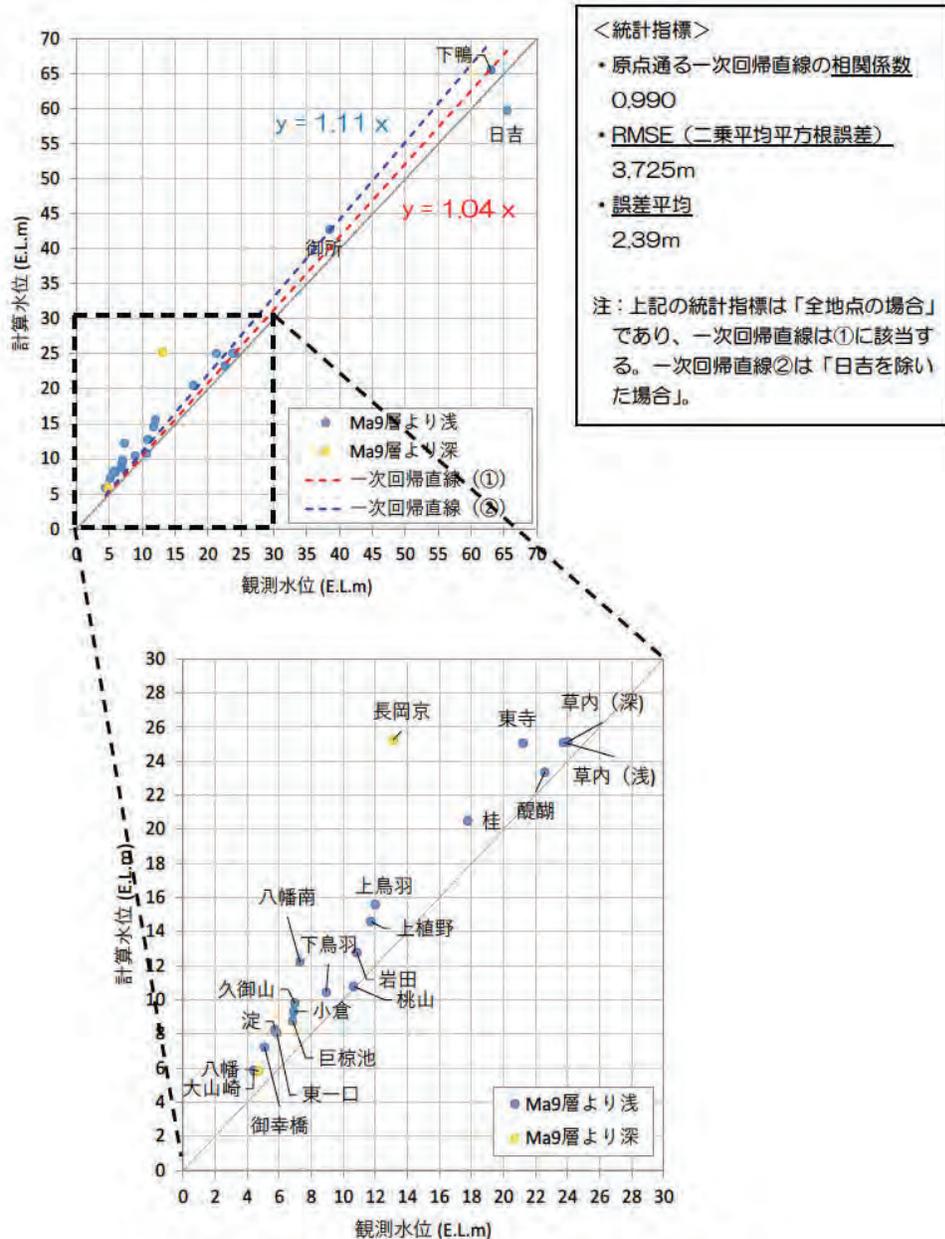
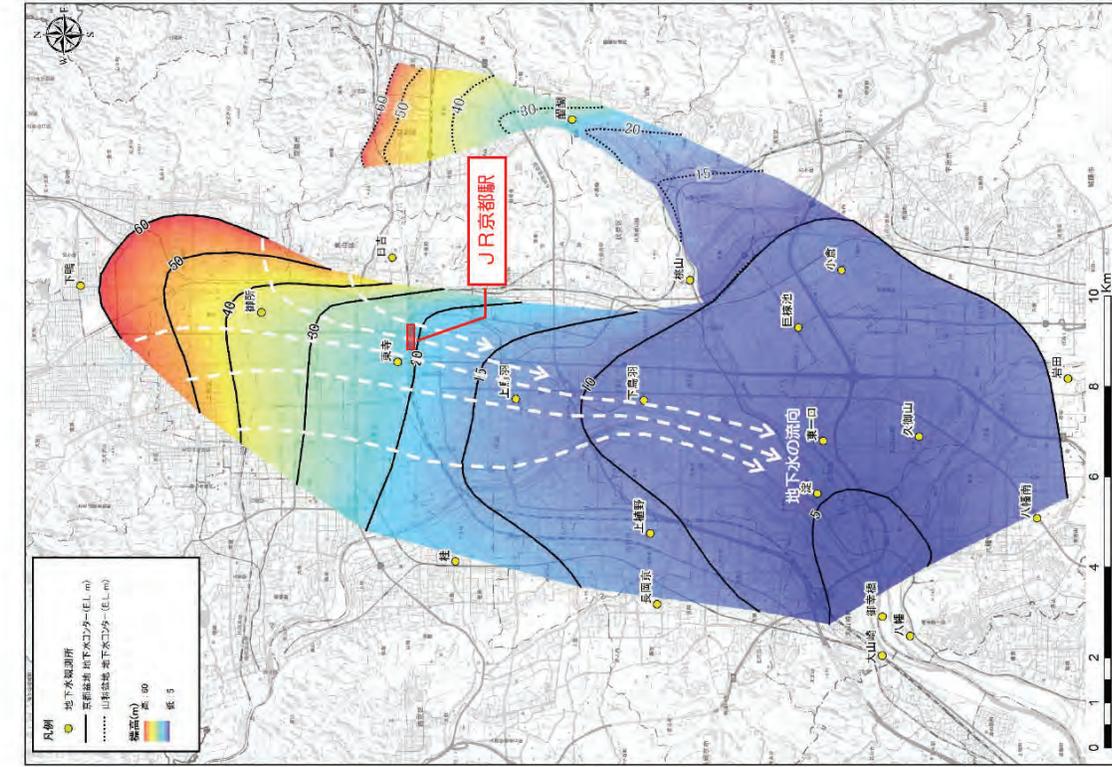


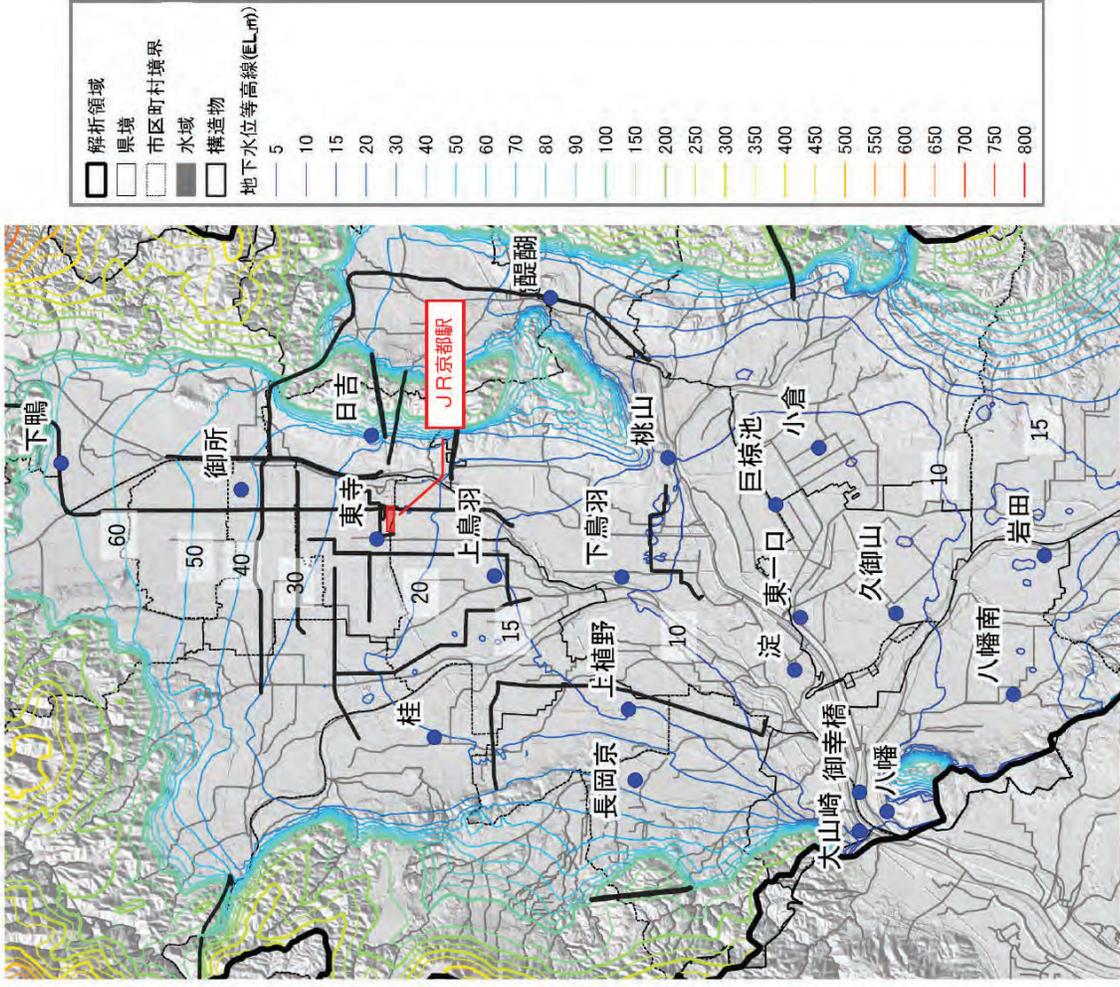
図 2.2.15 地下水位観測地点における再現解析結果

注：観測値は「水文学データベース（国土交通省）」に基づく。検証地点位置は図 2.2.16 参照。



地下水水位コンター図 (2018年2月)

出典 (コンター図)：京都盆地は「水文水質データベース (国土交通省)」の地下水水位観測所の観測値をもとに作成し、山科盆地は上記および「東西線地下水水位観測業務委託 (その8) 観測業務 (その1~その8) 総合解析 報告書 京都市交通局・(株) 甲田工業所」における地下水水位コンター図を参考として作成  
 出典 (下図)：「地理院タイル彩色地図 (国土交通省 国土地理院)」



地下水水位コンター図 (再現解析結果)

出典：「数値標高モデル (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載

図 2.16 計算地下水水位分布図 (不圧地下水位) の再現解析結果

## (2) 河川流量・水位の検証

水循環解析モデルの再現性検証結果を図 2.2.17 に示す。ここで、観測流量・水位とは、解析年（平水年の 2012 年）の年平均値とした（表 2.1.3 参照）。

図 2.2.17 によれば、計算流量の RMSE は全地点で  $39.1\text{m}^3/\text{s}$ 、誤差平均は  $8.67\text{m}^3/\text{s}$  と小さい。なお、解析範囲外で三川合流後の高浜観測所における計算流量は観測流量と乖離している。

参考に、下流端の高浜を除く解析範囲内でも  $10\text{m}^3/\text{s}$  の範囲に収まる。計算水位に至っては、その RMSE、誤差平均ともに全地点で 2m 未満に収まっている。

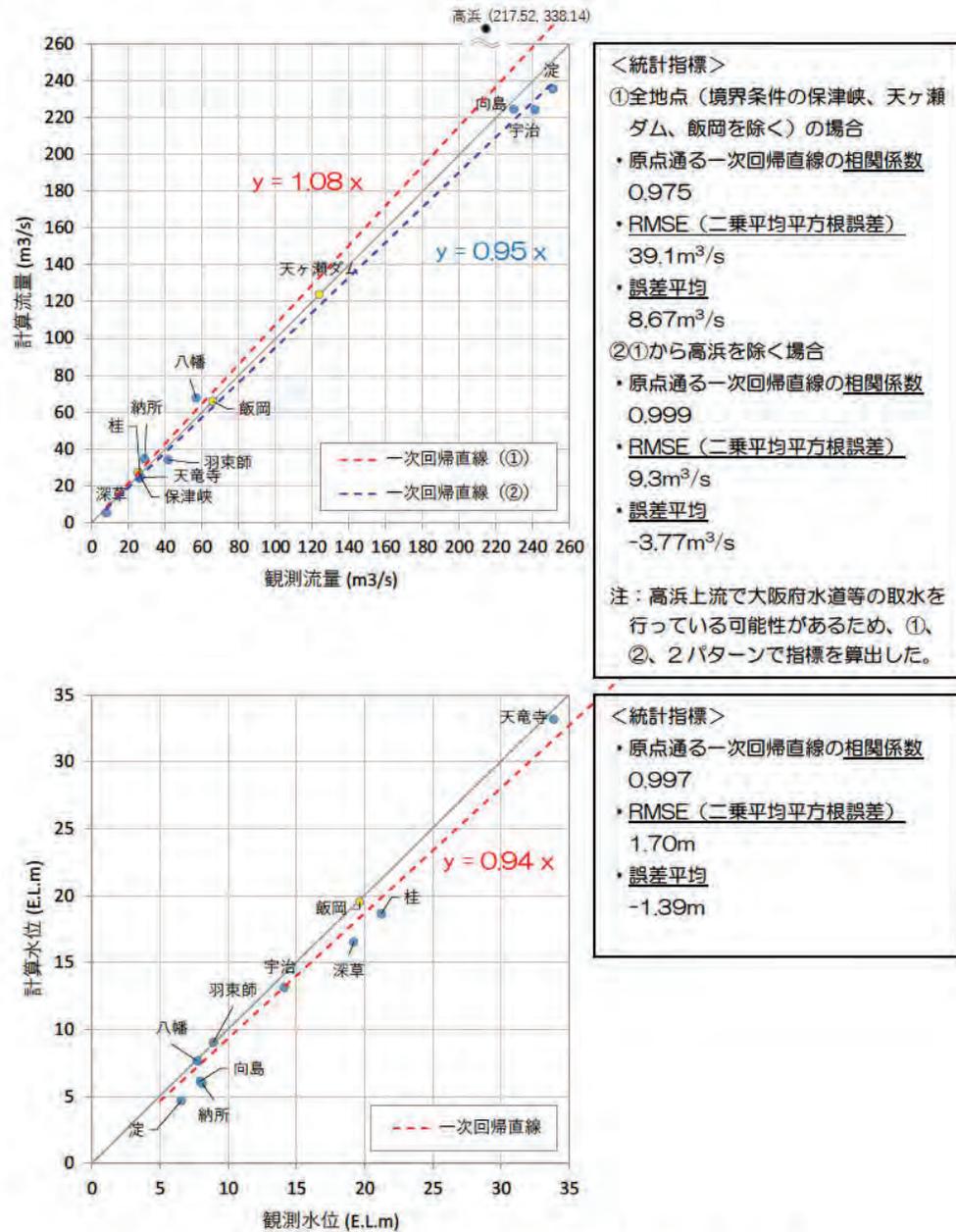


図 2.2.17 河川流量・水位観測地点における再現解析結果

注：観測値は「水文水質データベース（国土交通省）」に基づく。検証地点位置は図 2.1.10 参照。

河川流量の参考検証として、その他の流量観測地点の観測流量と計算流量の比較を図 2.2.18 に示す。河川流量データは、当該事業に係る環境影響評価の一環として実施中の現地調査より、冬季（令和3年2～3月）と春季（令和3年4月）の流量観測結果の平均値を利用している。同図によれば、解析結果が概ね山岳区間の河川流量を再現していることが分かる。

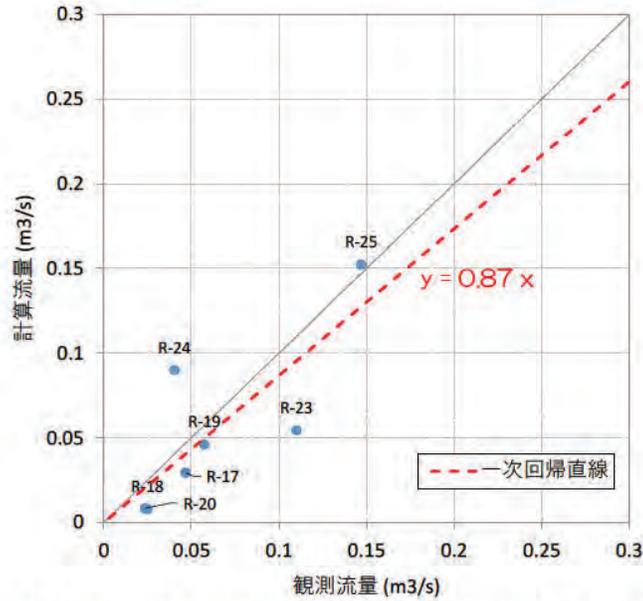


図 2.2.18 その他の河川流量観測地点における再現解析結果

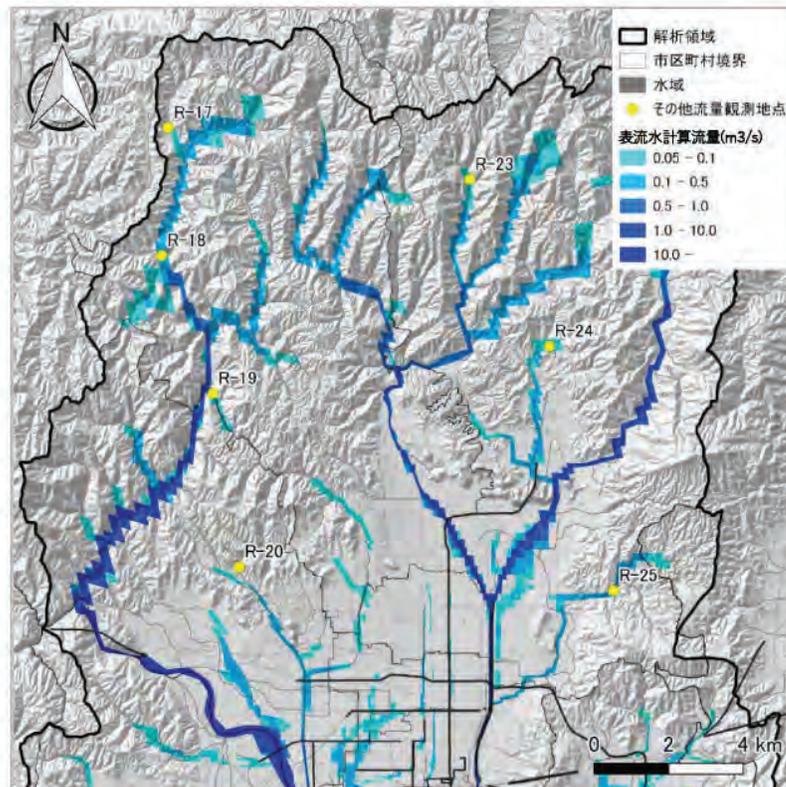


図 2.2.19 計算流量とその他の河川流量観測地点位置図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載

### (3) 地下鉄東西線工事影響実績の検証

#### 1) 設定条件

過去の工事影響の再現性の向上は、北陸新幹線の建設による影響を評価する上で重要と考えられることから、地下鉄東西線建設時の工事影響実績の再現性を検証した。

地下鉄東西線の施工中の工事影響は、京都市役所駅から烏丸御池駅の開削区間の北側で2～3mの水位上昇、南側で-6～-5mの水位低下が確認され、1mの水位低下範囲は、約4km先にまで及んでいたと推定される（図 2.2.21 参照）。また、施工後（供用後）においては、開削区間の北側で1～2mの水位上昇、南側で-4～-3mの水位低下が確認され、1mの水位低下範囲は約1.3km先（四条通付近）にまで及んでいた。（図 2.2.23 参照）また、二条駅から東山トンネルまでの間で井戸補償が行われており、「工事による地下水変動が生じた」という事実が、井戸補償の実績からも裏付けられていると考えられる（参考資料 15 参照）。

地下鉄東西線建設時の状況は詳細が不明であるが、既存資料等<sup>※1</sup>によれば、三条京阪駅の開削工事にあたって、地盤改良とディープウェルによる水位低下工法を実施したとの記述があったことから、隣接する当該区間でも行ったと推測して、表 2.2.7 及び図 2.2.20 に示すとおり設定した。

表 2.2.7 東西線工事影響解析において想定した施工条件

解析条件	地下鉄東西線			左記区間以外の 構造物	その他構造物 (烏丸線等)
	開削区間（烏丸御池～京都市役所駅間）				
	土留壁深度	地盤改良 <sup>※1</sup>	地下水位低下工法 <sup>※1</sup>		
施工前	存在しない	実施しない	実施しない	存在する	存在する
施工中	存在する 掘削底面-10m まで 土留壁根入れ (深度 29.5～30.9m、 標高 12.6～14.2m、 水位降下量：20m <sup>※3</sup> )	実施する 掘削底面-10m まで 地盤改良実施 <sup>※2</sup> ( $k=2.5 \times 10^{-5}$ cm/s)	実施する 掘削底面-10m まで 地下水位低下		
施工後			実施しない		

※1：狭あいな道路下（軌道・道路・建物）での地下鉄駅の設計・施工計画—三条京阪駅—（石川謙治、奥村誠治、1990）

※2：東西線の施工範囲にあたる Dg1 層（上）の透水係数は  $5.0 \times 10^{-2}$ cm/s、Dc1 層は  $2.5 \times 10^{-5}$  cm/s

※3：東西線の施工時の地下水位標高 (E. L.) 約 33.5m より、土留壁根入れ標高 (E. L.) 約 13.5m の差より設定

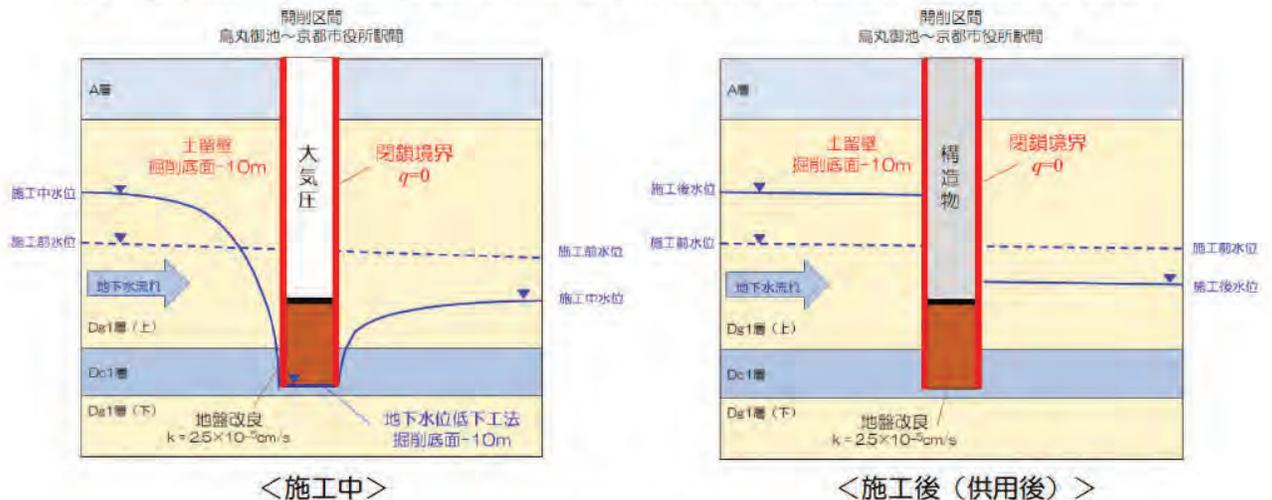


図 2.2.20 地下鉄東西線工事影響解析において想定した施工条件の概要図

## 2) 検証結果

地下鉄東西線の再現解析結果を、図 2.2.22（施工中）と図 2.2.24（施工後（供用後））に示す。再現性の評価にあたっては、表 2.2.8 のとおり 1m 以上の影響範囲に関する①～③や、最大水位低下量、最大水位上昇量などの指標を設け、定量的に評価した。

施工後（供用後）については、①～③の指標が、地下水位低下で 0.55～0.88、地下水位上昇で 0.71～0.99 であることからやや過小であるものの、工事影響による水位上昇・低下の傾向を概ね再現できたと評価できる。一方、施工中の影響については、実績を十分に再現できなかった。しかし、この結果について、影響圏半径を求める実験式で検証してみると、影響圏半径は表 2.2.9 の示すとおり約 1.2km となり、実績値より小さく、計算値に近い。ここで、施工前（平成 2 年 5 月）、施工中（平成 7 年 5 月）、施工後（平成 9 年 5 月）の前月・前々月の気象状況を比べてみると（図 2.2.25 参照）、平成 7 年の 3～4 月の降水量は平成 2 年に比べて明らかに少ない。開削区間の周辺の地下水位を見ても、平成 7 年の 3～4 月の地下水位は平成 2 年に比して低いところが多い。これらを踏まえると、施工中の工事影響実績は、気象状況による水位変化が重なって、過大評価された可能性も考えられる。

地下水位低下範囲の向きについては、施工中・後ともに、大局的な傾向（南向き）は再現できたが、実績で卓越した南南西向きをよく再現することはできなかった。

表 2.2.8 再現性を評価するための指標における実績値と計算値の比較

再現性を評価するための指標	施工中		施工後（供用後）			
	影響実績	計算結果	影響実績	計算結果	備考 (計算/実績)	
掘削底面からの浸出量(m <sup>3</sup> /日)	不明	1,347.1	-	-	-	
1m以上の水位低下と上昇範囲の						
①面積(m <sup>2</sup> )	低下	4,756,386	937,372	778,821	452,103	0.58
	上昇	371,030	213,506	472,256	356,750	0.76
②開削区間中央からの最大距離(m)	低下	3,083	750	1,079	590	0.55
	上昇	407	380	692	490	0.71
③②の中点を通る東西方向の幅(m)	低下	2,093	1,050	998	880	0.88
	上昇	1,019	760	836	830	0.99
最大水位低下量(m)	-6～-5	-3.03	-4～-3	-2.55	0.84	
最大水位上昇量(m)	1～2	2.04	1～2	2.45	1.20	

注1) 影響実績は、図-2.2.21図-2.2.23を読み取った。

注2) 施工中の影響実績の諸量（下線部）は、水位低下1mの範囲が図面外に広がるため、影響範囲を推定して読み取り。

表 2.2.9 東西線工事影響圏半径の概算

提唱者	実験式	s: 水位降下量(m)	k: 透水係数(m/s)	R: 影響圏半径(m)
Kusakin (クサキン)	$R = 575s\sqrt{Dk}$	20m	$5.0 \times 10^{-4}$	1,150
Seichardt (ジハルト)	$R = 3000s\sqrt{k}$			1,342

D: 帯水層厚は、Dg1層（上）が不圧帯水層であることから水位降下量と同じとした。

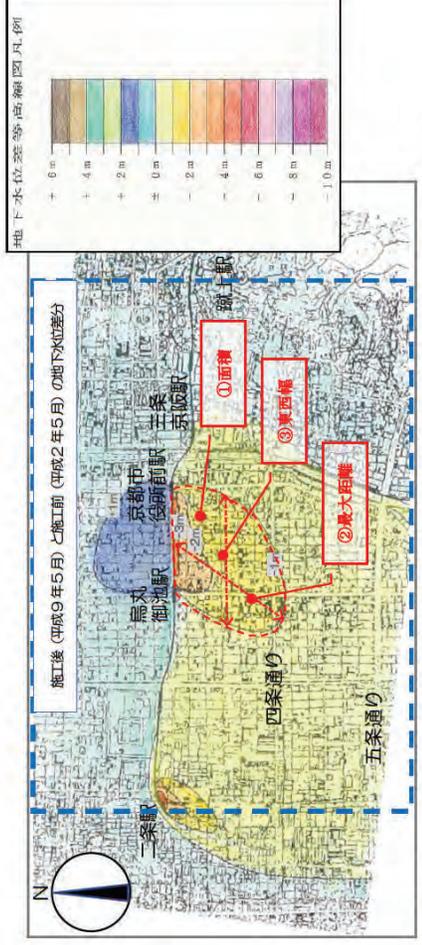


図 2.2.23 実測による地下鉄東西線の影響結果 (施工後 (供用後))

出典：「東西線地下水位観測業務委託 (その8) 観測業務 (その1～その8) 総合解析 報告書 (京都市交通局・(株) 甲田工業所)」に一部加筆

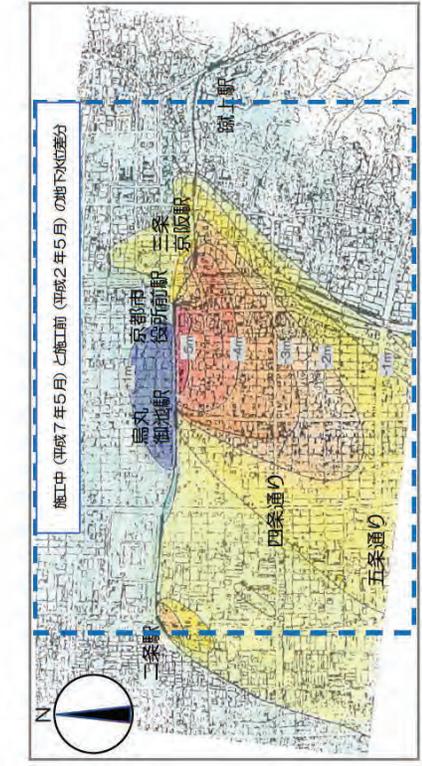


図 2.2.21 実測による地下鉄東西線の影響結果 (施工中)

出典：「東西線地下水位観測業務委託 (その8) 観測業務 (その1～その8) 総合解析 報告書 (京都市交通局・(株) 甲田工業所)」に一部加筆

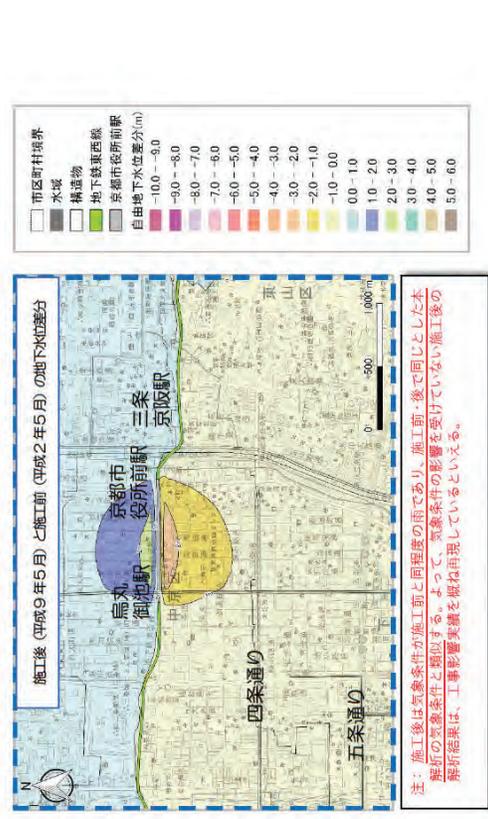


図 2.2.24 地下鉄東西線の再現解析結果 (施工後 (供用後))

出典：「地理院タイル淡色地図 (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載

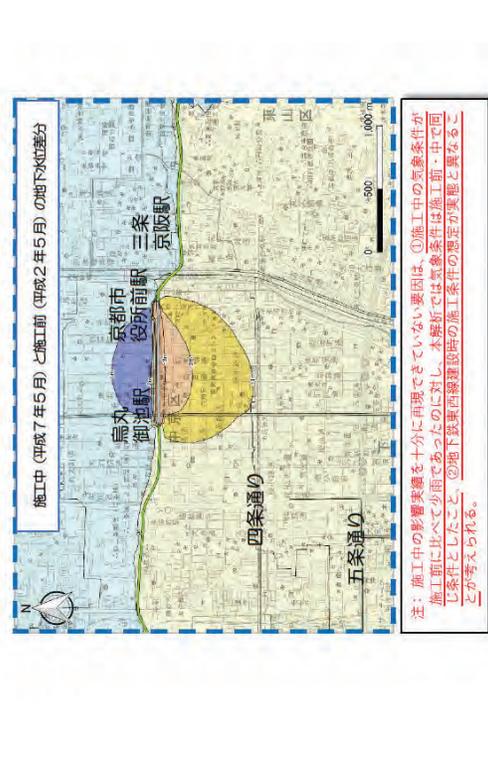
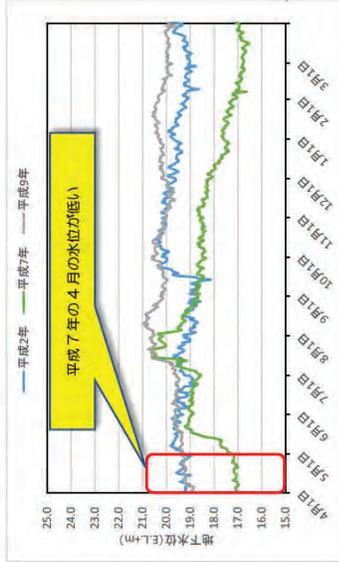


図 2.2.22 地下鉄東西線の再現解析結果 (施工中)

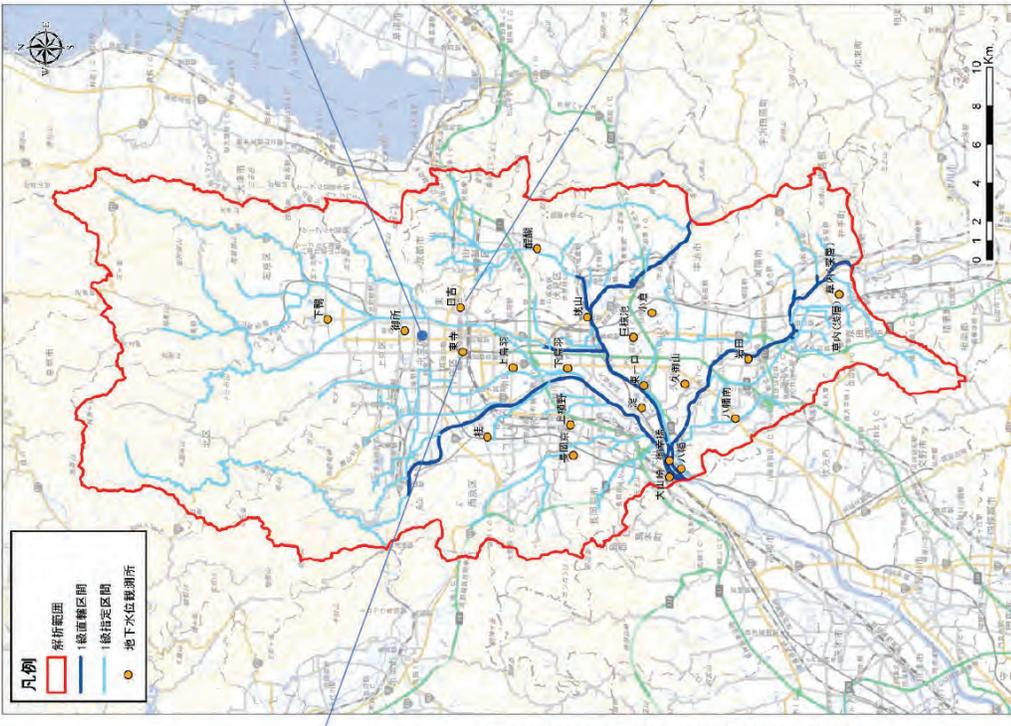
出典：「地理院タイル淡色地図 (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載

○東寺 地下水位

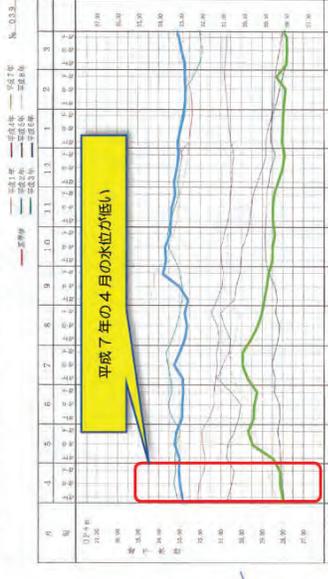


○参考 降水量一ヶ月

東西線工事影響月（5月）の地下水位に影響する3、4月の降水量について、施工前の平成2年と比較すると、平成7年（施工中）、平成9年（施工後）ともに降水量が少ないことがわかる。



○京都市中京区御射山町附近 地下水位



○日吉 地下水位

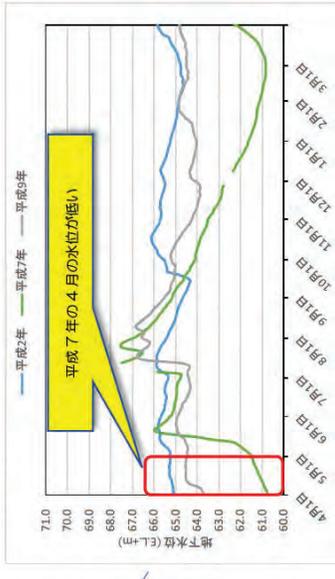


図 2.2.25 施工前（平成2年5月）、施工中（平成7年5月）、施工後（平成9年5月）の前月・前々月の気象状況と地下水位  
出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下水位観測所位置、解析範囲、他を追加して掲載

(4) その他事象の検証

水循環解析モデルの再現性検証にあたっては、水循環解析モデルの妥当性を評価するうえで参考となる「既設トンネルのトンネル湧水量」と「水収支」についても確認した。

1) 既設トンネルのトンネル湧水量

表 2.2.10 に既存文献から確認した既設トンネルのトンネル湧水量と計算値との比較を示す。稲荷山トンネルのトンネル湧水量は、2005年（H17）4月以降に観測されている恒常湧水量であり、本解析の検証値としても十分使えるが、この参考値 250～400L/min に対し、計算値は 378L/min と概ね同様な量となっている。

表 2.2.10 既設トンネル湧水量の参考値と計算値の比較

トンネル	参考値	計算値
稲荷山トンネル	250～400L/min <sup>**</sup> 注)トンネル湧水量をポンプアップ開始後 (2005年(H17)4月以降)	378L/min

出典：「京都高速道路建設誌（阪神高速道路（株）、2010）」より

2) 水収支

表 2.2.11 に一般的な降水量の水収支と計算値の比較を示す。水収支結果は、日本で一般的に言われている長期的な蒸発散量・直接流出量・地下浸透量の降水量に対する割合と概ね整合した。

表 2.2.11 降水量の水収支の参考値と計算値の比較

一般的な降水量の水収支 <sup>*</sup>		計算値（解析範囲全域）
降水量	： 1,800～2,000(mm/年)	
蒸発散量	： 600～700(mm/年) → 33%	蒸発散量 : 34%
直接流出量	： 800～1,000(mm/年) → 46%	直接流出量 : 43%
地下水流出量 (地下浸透量)	： 400(mm/年) → 21%	地下浸透量 : 23%

出典：「改訂 地下水ハンドブック（改訂 地下水ハンドブック編集委員会、1998）」より概算

(5) モデルの再現性に対する評価

構築した水循環解析モデルと解析に必要な水理定数及びパラメータは、以下の3点より、北陸新幹線の地下構造物（シールドトンネル、NATMトンネル、駅部、立坑）の施工中・施工後における地下水・表流水への最大影響を予測するうえで、支障ないと判断した。

- ・「地下水位」に関し、計算水位が観測水位に対してやや高いという課題は残るものの、「河川流量・水位」、「トンネル湧水量」、「降水量の水収支」に関する再現性は良好である。
- ・「地下鉄東西線工事影響実績」についても、地下鉄東西線の京都市役所駅から烏丸御池駅間の地下水流向の再現性について課題は残るものの、施工後の解析結果から、工事影響による水位上昇・低下の傾向を概ね再現できたと評価できる。
- ・計算水位が観測水位に対してやや高いことは、施工中の開削部周辺で生じる地下水位低下、施工中・施工後の NATM トンネル区間で生じる地下水位低下と表流水の減濁水などの工事影響に対し、安全側の予測になると考えられる。

## 2.2.4. 影響解析の予備的検討

### (1) 影響解析対象ルート概要

環境影響評価方法書の手続きを受けて、現在現地調査等を進めているが、地下水に関する影響の傾向を把握するために、表 2.2.12 に示す考え方をもとに4ルート（図 2.2.26 及び図 2.2.27 参照）を設定した。

NATM 及びシールドトンネルの解析上のトンネルの高さ・幅、NATM トンネルとシールドトンネルの接合部等に設置される立坑の長さ・幅、駅部の F.L. と開削深度及び土留壁の根入れ深さについては、図 2.2.28～図 2.2.30 のとおり設定した。

土留壁の間の掘削底面の地盤改良範囲の透水係数は、Ma 層の透水係数及びセメント系固化材による地盤改良マニュアル（図 2.2.31 参照）を参考に、Ma 層と同じ  $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  に設定した。

表 2.2.12 解析ルートの設定

区 間	解析ルート	西側ルート	東側ルート
京都北部 ～ 京都駅	現地状況	・山地～丘陵地～低地部	
	構造・施工	・NATM トンネル ～シールドトンネル	

区 間	解析駅 設置方向	東西方向	南北方向
京都駅	構造・施工	・京都駅は地下駅 ・開削工法を想定	

区 間	解析ルート	西側ルート	中央ルート	東側ルート
京都駅 ～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	現地状況	・低地部 ・桂川(2回交差)、 宇治川(1回交差) ・伏見酒造エリア を 西側で平面回避	・低地部 ・伏見酒造エリア に 最も近接	・山地～丘陵地 ～低地部 ・伏見酒造エリア を東側で平面回 避
	構造・施工	・シールドトンネ ル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネ ル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネ ル(市街地・山科盆 地) ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅

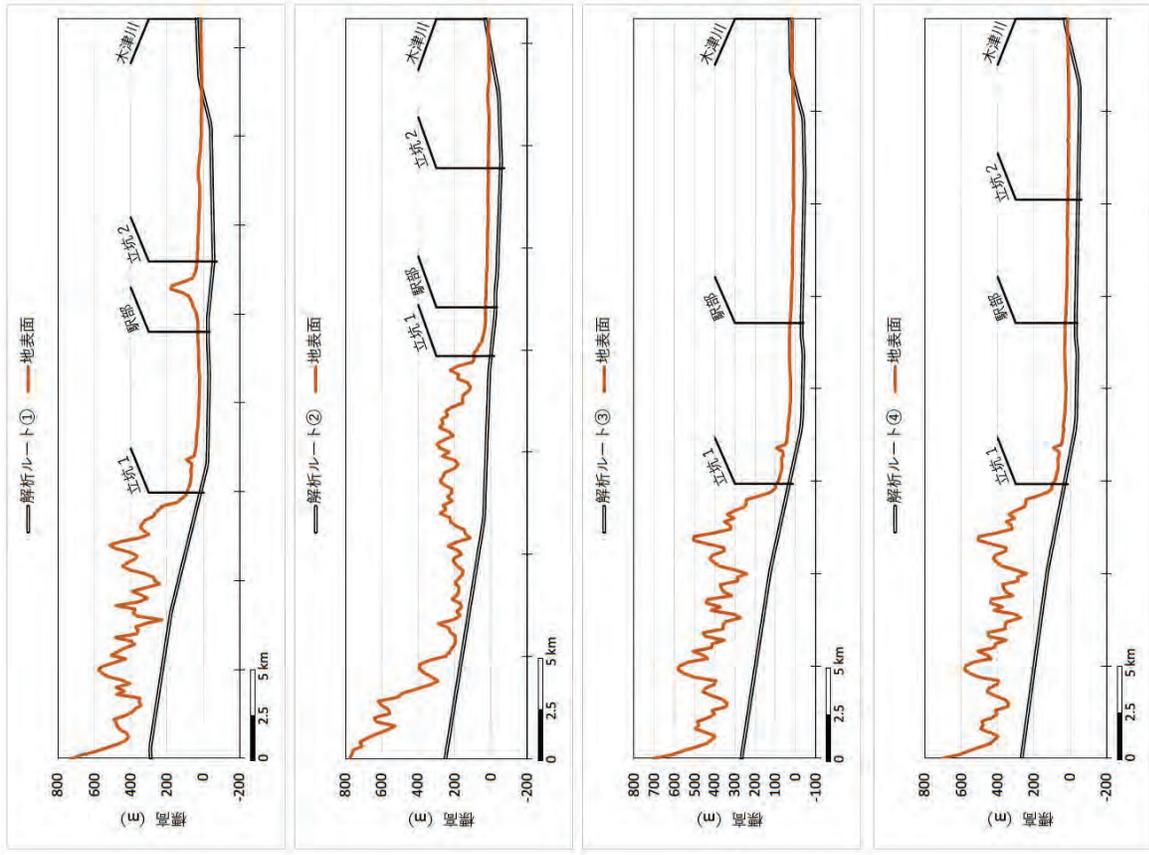


図 2.27 解析範囲における解析ルート 4 案の縦断線形  
 ※松井山手駅はすべての解析ルートで地下駅

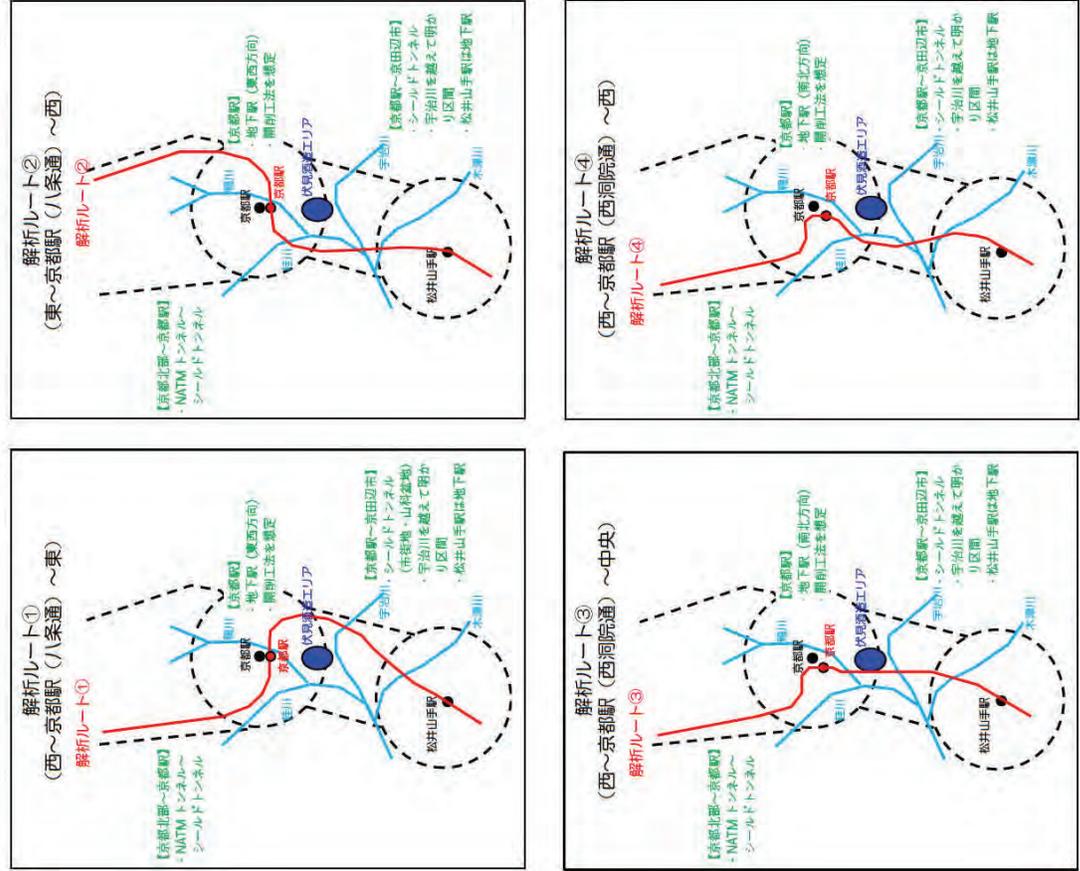


図 2.26 影響解析対象とする解析ルート 4 案

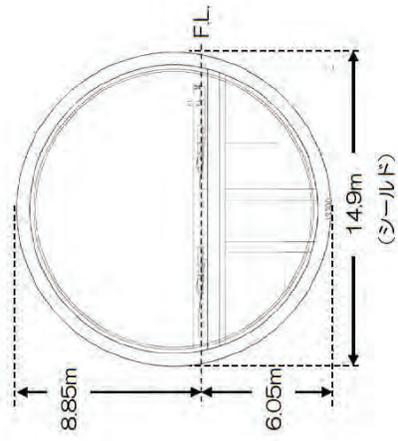
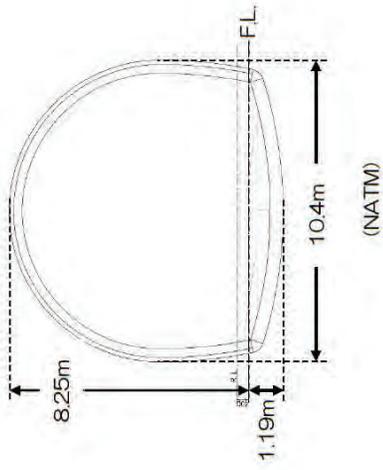


図 2.2.28 トンネル標準断面

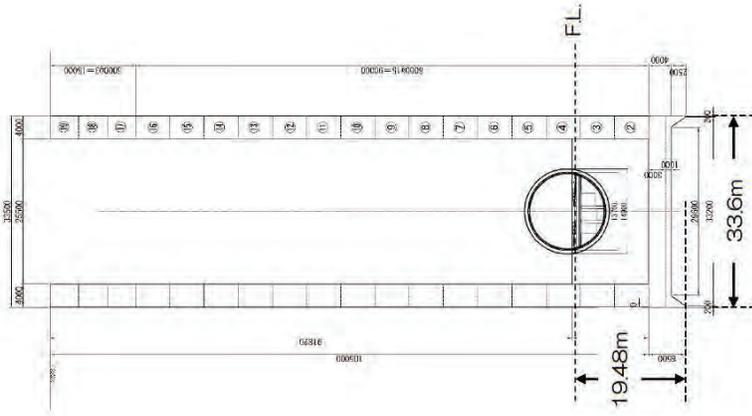


図 2.2.29 立坑の構造

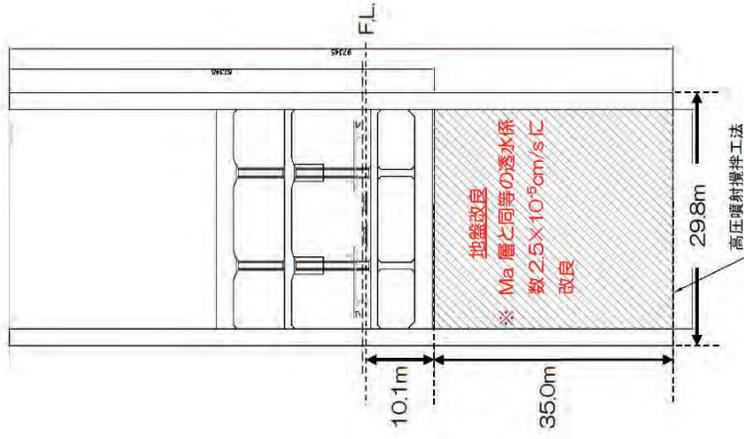


図 2.2.30 駅部の構造

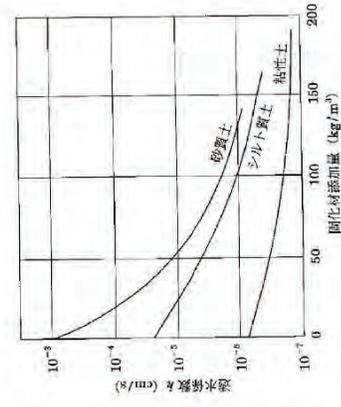


図 2.2.31 固化材添加量と透水係数

出典：「セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版  
(社団法人セメント協会、2003)」

(2) 影響解析結果

水循環解析モデルによる4つのルートの影響解析結果を表 2.2.15～表 2.2.18 に、一覧を表 2.2.13 に示す。

表 2.2.13 影響解析結果一覧

区 間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、西側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が<math>-0.05\text{m}^3/\text{s}</math> 程度の区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> <li>・ 施工中・後ともに、東側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより賀茂川水系、高野川水系の河川では流量減少が生じ、鴨川では流量減少が<math>-0.05\text{m}^3/\text{s}</math> 程度の区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>
京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 駅位置が東西配置の場合、施工中は駅北側で最大<math>+1.0\text{m}</math> 程度の地下水位上昇域、駅南側で最大<math>-2.0\text{m}</math> の地下水位低下域が生じる。施工後は駅北側で最大<math>+1.0\text{m}</math> 程度の地下水位上昇域、駅南側で最大<math>-1.0\text{m}</math> の地下水位低下域が生じる。</li> <li>・ 駅位置が南北配置の場合、施工中は最大<math>-1.0\text{m}</math> の地下水位低下域が生じ、施工後は駅近傍でも地下水位低下・上昇は軽微に留まる。</li> </ul>
京都駅～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>

(3) 解析結果に対する留意点

広域解析の水循環解析モデルによる影響解析結果は、地下鉄東西線の工事影響実績や地下構造物の配置と地下水流動阻害に関する工学的検討事例<sup>※1,2</sup> から、北陸新幹線の施工に伴う地下水位上昇・低下の傾向を概ね適切に予測できたと言える。

しかし、駅部の工事影響解析結果については、以下の点に留意が必要である。

- 駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること（施工方法に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がる点（モデル特性に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲が小さい点（モデル特性に関する課題）

以上を踏まえ、今後の工事計画段階においては、下表に示すような地下水流動保全工法も含め、より正確な工事影響の予測を行うことが望まれる。

表 2.2.14 地下水流動保全工法の例

工法名	概要
リチャージ工法	排水工法により揚水した地下水をリチャージウェルより帯水層へ注入する工法
通水盤（管）工法	土留壁上下流の帯水層を通水盤（管）で繋ぎ、下流側の地下水位低下を抑制する工法

※1：地下構造物の地下水流動阻害要因について（古本一司・三木博史、2002、基礎工 Vol.30 No.42）

※2：掘削構造物周辺の地下水流動保全に関する研究（大東憲二・植下協・市川悦男、1996、土木学会論文集 No.535 III-34）

表 2.2.15(1) 影響解析結果 (解析ルート①: 西~京都駅 (八条通) ~東)

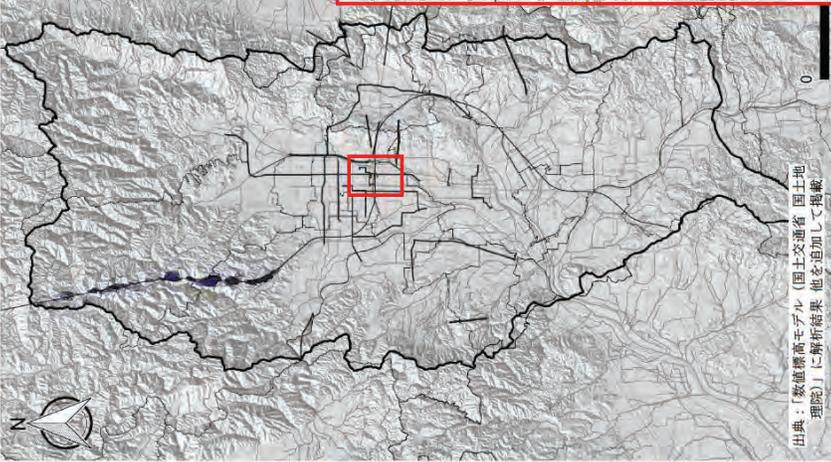
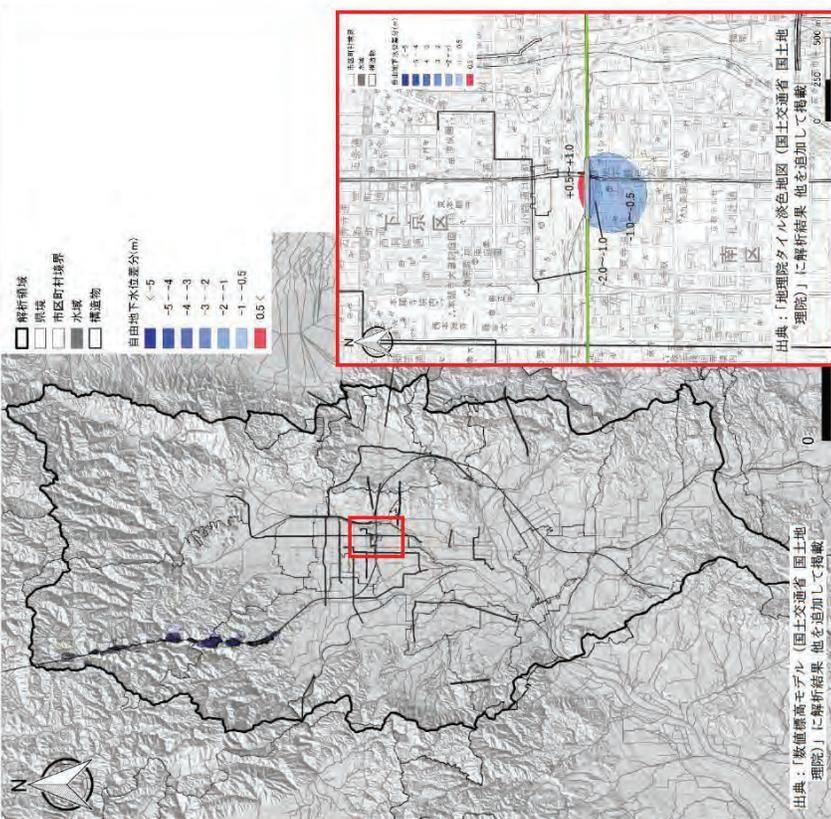
予測対象 予測時期	地下水位	地下水位
<p>解析結果</p>	<p>施工後</p>  <p>自由地下水水位差分(m)          &lt; -5          -5 ~ -4          -4 ~ -3          -3 ~ -2          -2 ~ -1          -1 ~ -0.5          0.5 &lt;</p> <p>出典: 「数値解析高モデル(国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p>施工中</p>  <p>自由地下水水位差分(m)          &lt; -5          -5 ~ -4          -4 ~ -3          -3 ~ -2          -2 ~ -1          -1 ~ -0.5          0.5 &lt;</p> <p>出典: 「数値解析高モデル(国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載</p>
	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部 (開削) 区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。          尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大36.9m) 低下するところもある。          駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大+1.0mに及び地下水位上昇域が生じる。駅南側では開削に伴う地下水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-2.0mに及び地下水位低下域が広く現れる。          影響なし。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部 (開削) 区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。          尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大36.9m) 低下するところもある。          残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側では最大+1.0mに及び地下水位上昇域、駅南側では最大-1.0mに及び地下水位低下域が生じる。          影響なし。</p>

表 2.2.15(2) 影響解析結果 (解析ルート①：西～京都駅 (八条通)～東)

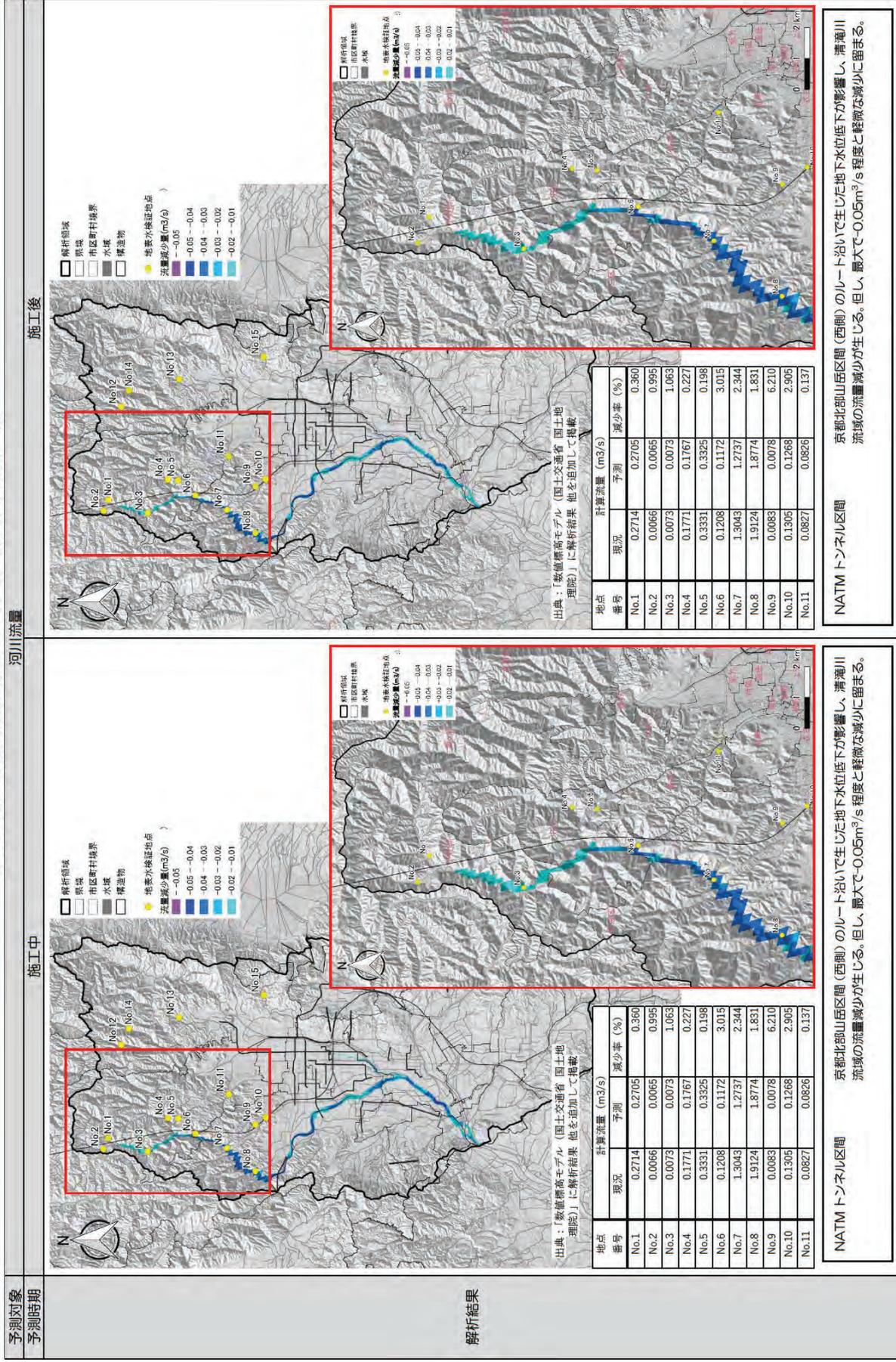


表 2.2.15(3) 影響解析結果 (解析ルート①：西～京都駅 (八条通)～東)

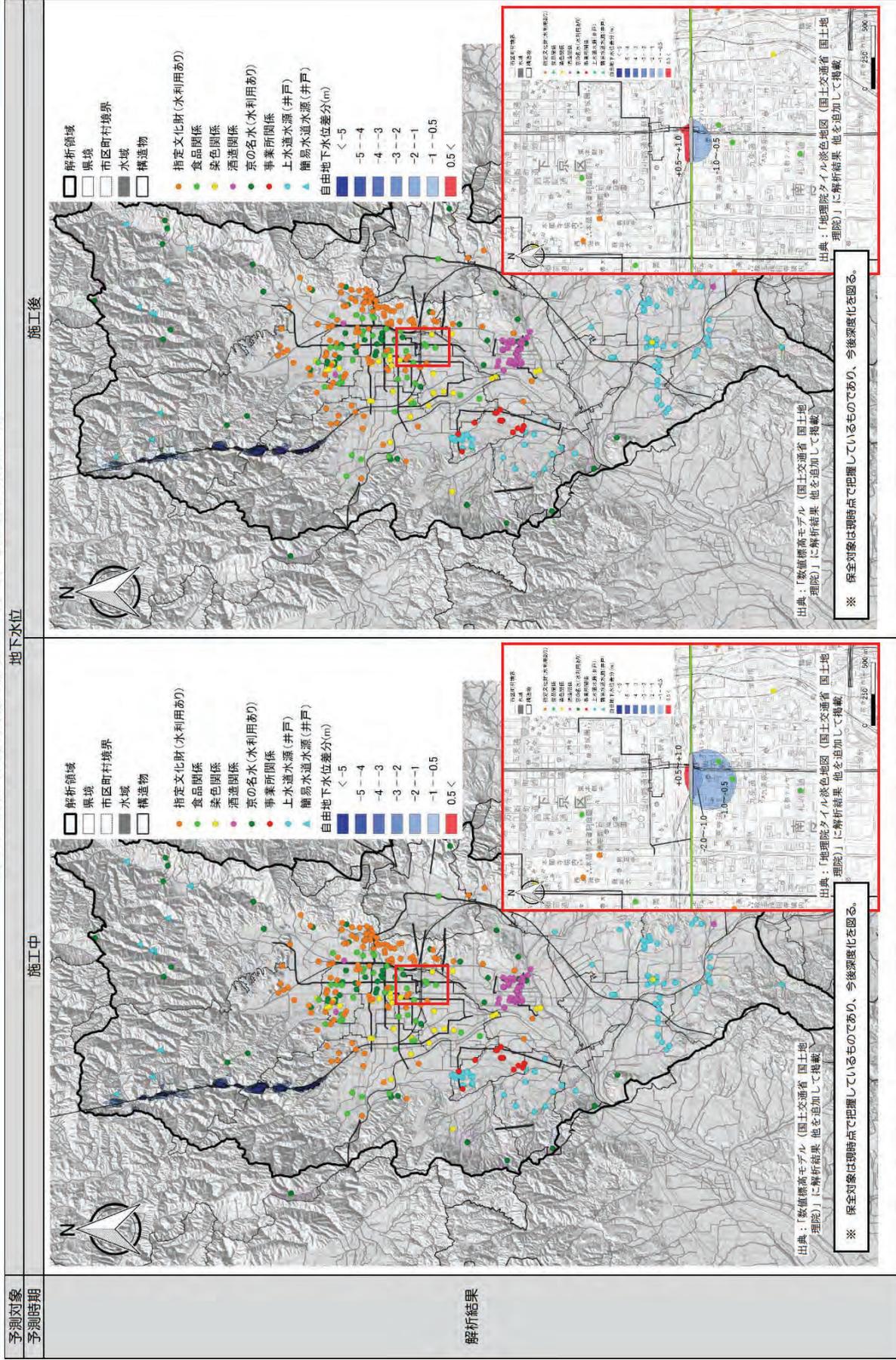


表 2.2.16(1) 影響解析結果（解析ルート②：東～京都駅（八条通）～西）

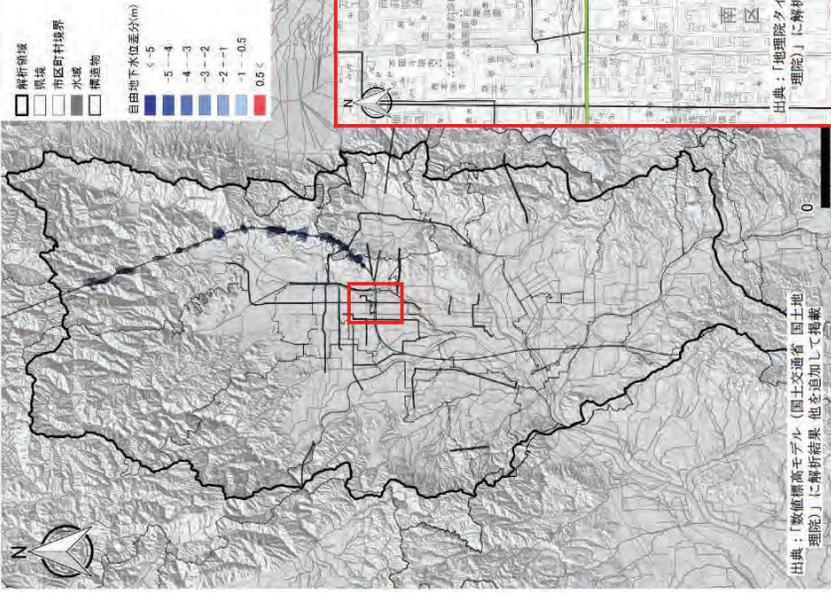
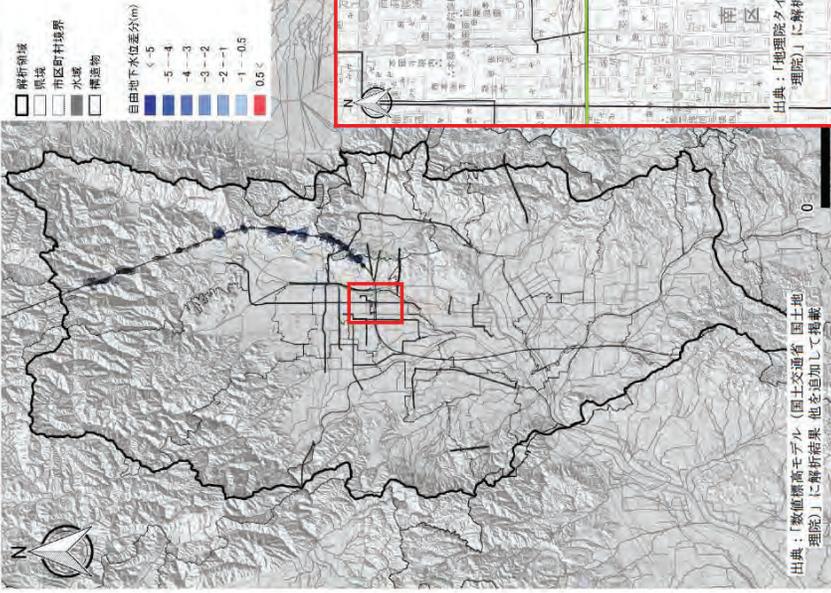
予測対象 予測時期	地下水位	地下水位
<p>解析結果</p>	<p>施工後</p>  <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間（東側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。          透水性の低い花崗岩分布域の水位低下は軽微だが、頁岩分布域の京都市街地東（清水寺、八坂神社等のある東山地域）では5m以上（最大33.2m）低下する地域もある。          駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大+1.0mに及び地下水位上昇域が生じる。駅南側では開削に伴う地下水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-2.0mに及び地下水位低下域が広く現れる。          影響なし。</p>	<p>施工中</p>  <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間（東側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。          透水性の低い花崗岩分布域の水位低下は軽微だが、頁岩分布域の京都市街地東（清水寺、八坂神社等のある東山地域）では5m以上（最大33.2m）低下する地域もある。          駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大+1.0mに及び地下水位上昇域が生じる。駅南側では開削に伴う地下水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-2.0mに及び地下水位低下域が広く現れる。          影響なし。</p>
	<p>シールド区間          NATM トンネル区間          駅部（開削）区間          立坑部</p>	<p>シールド区間          NATM トンネル区間          駅部（開削）区間          立坑部</p>

表 2.2.16(2) 影響解析結果 (解析ルート②：東～京都駅 (八条通)～西)

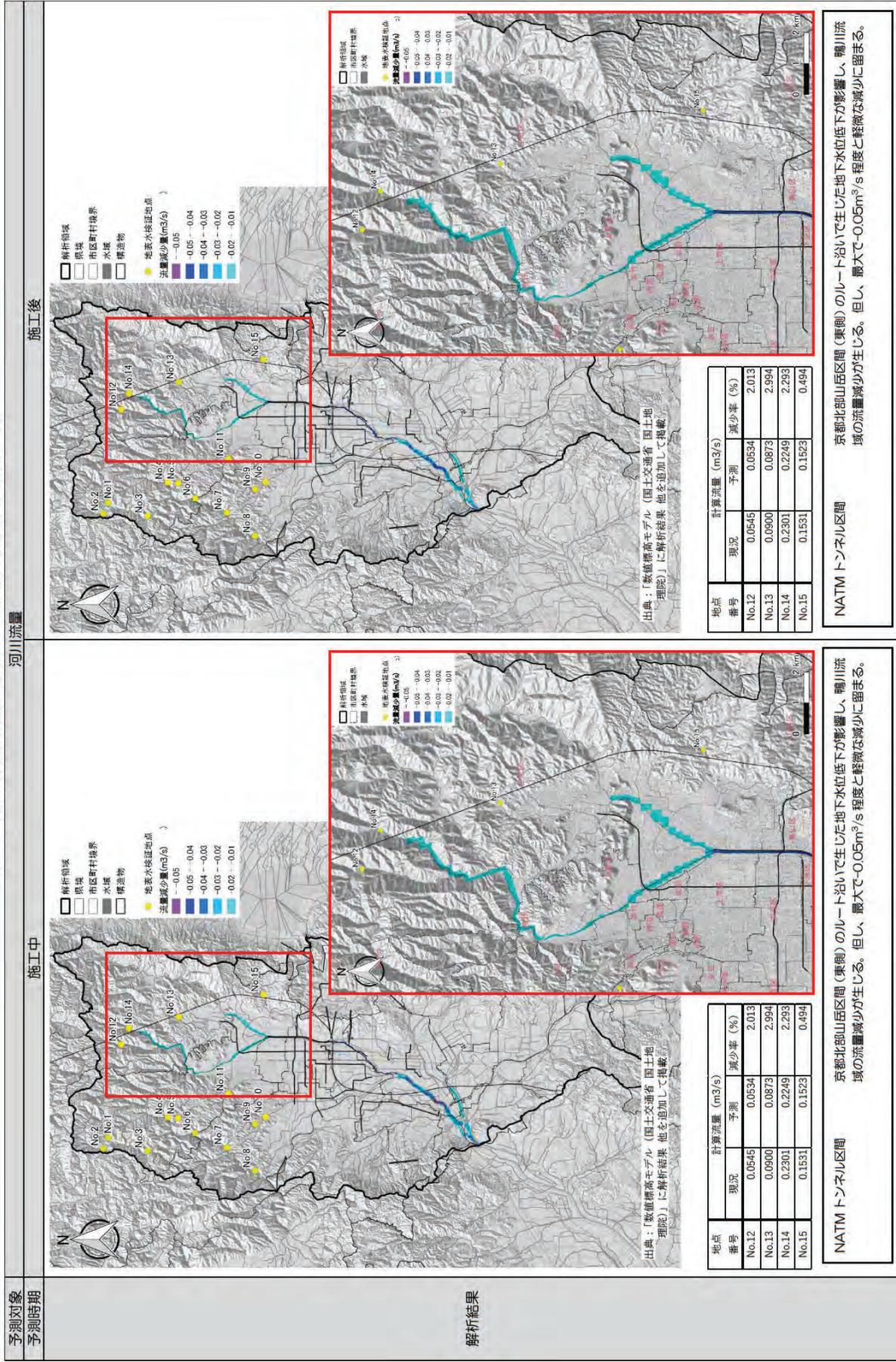


表 2.2.16 (3) 影響解析結果 (解析ルート②：東～京都駅 (八条通)～西)

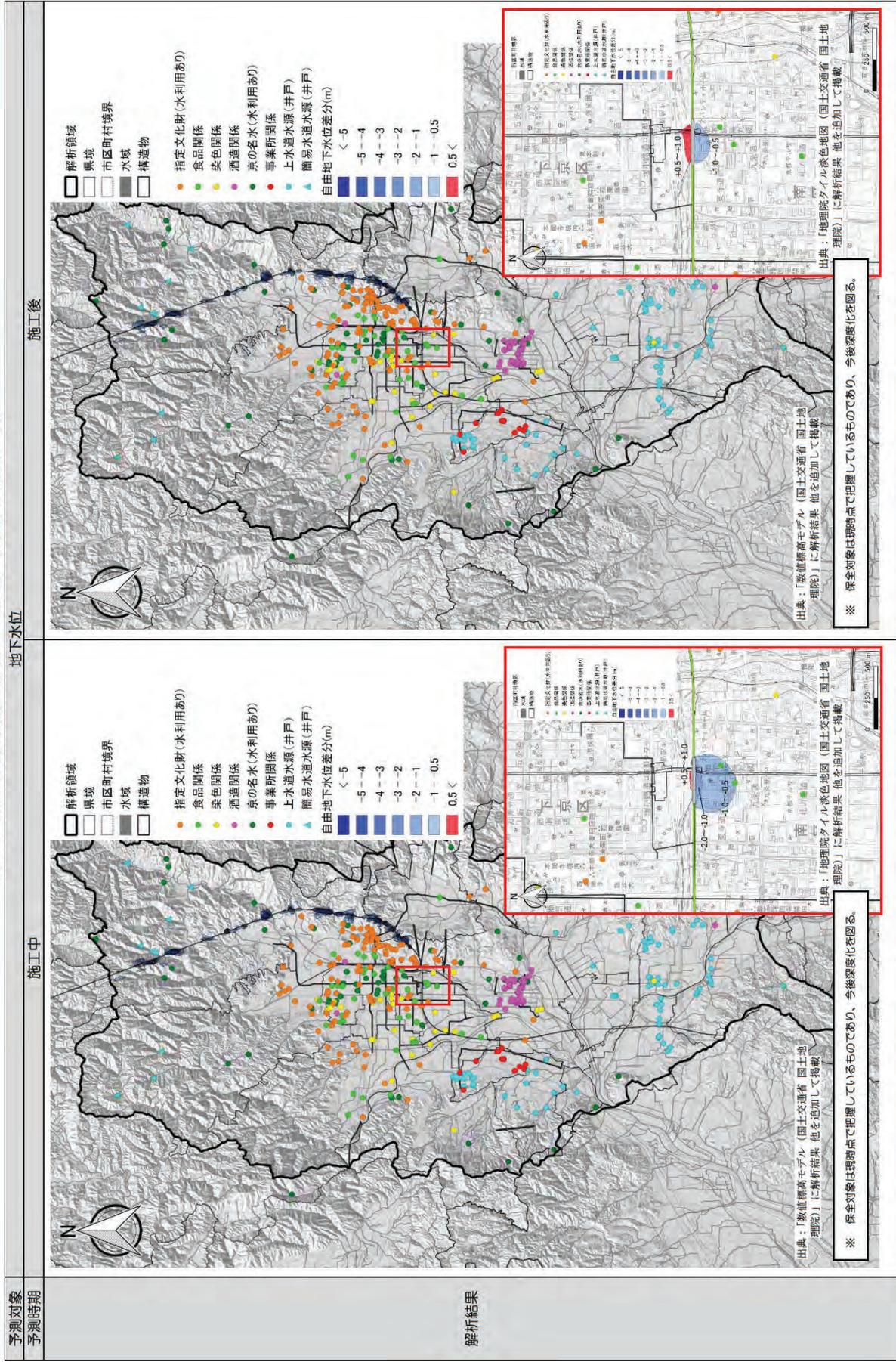


表 2.2.17(1) 影響解析結果（解析ルート③：西～京都駅（西河院通）～中央）

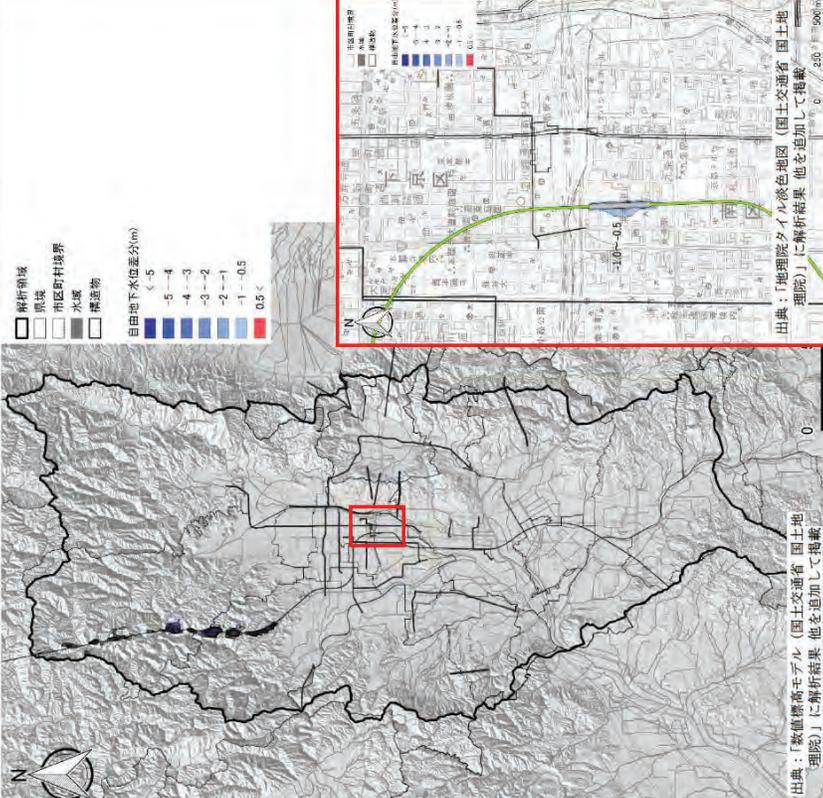
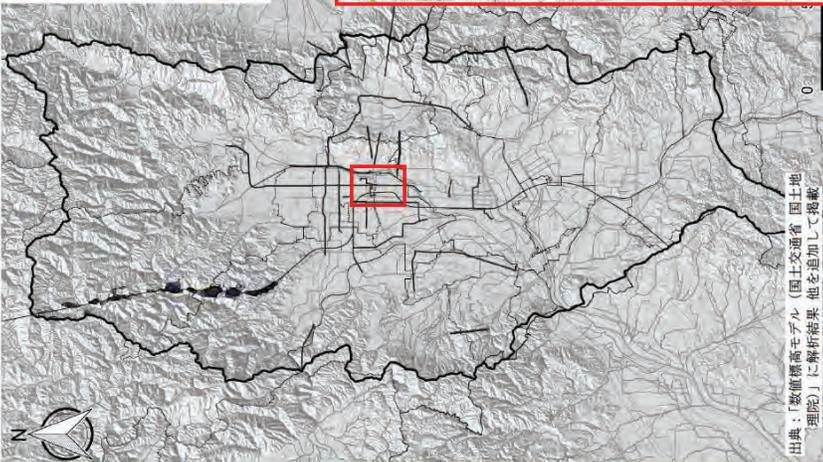
予測対象 予測時期	地下水位	施工後
<p>解析結果</p>	<p>施工中</p>  <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p>施工後</p>  <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>
	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大38.7m）低下するところもある。 駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、駅近傍に最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下がやや広く現れる。 影響なし。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大38.7m）低下するところもある。 残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害するが、地下水位上昇・低下域は最大土0.5m未満と極めて軽微である。 影響なし。</p>

表 2.2.17(2) 影響解析結果（解析ルート③：西～京都駅（西洞院通）～中央）

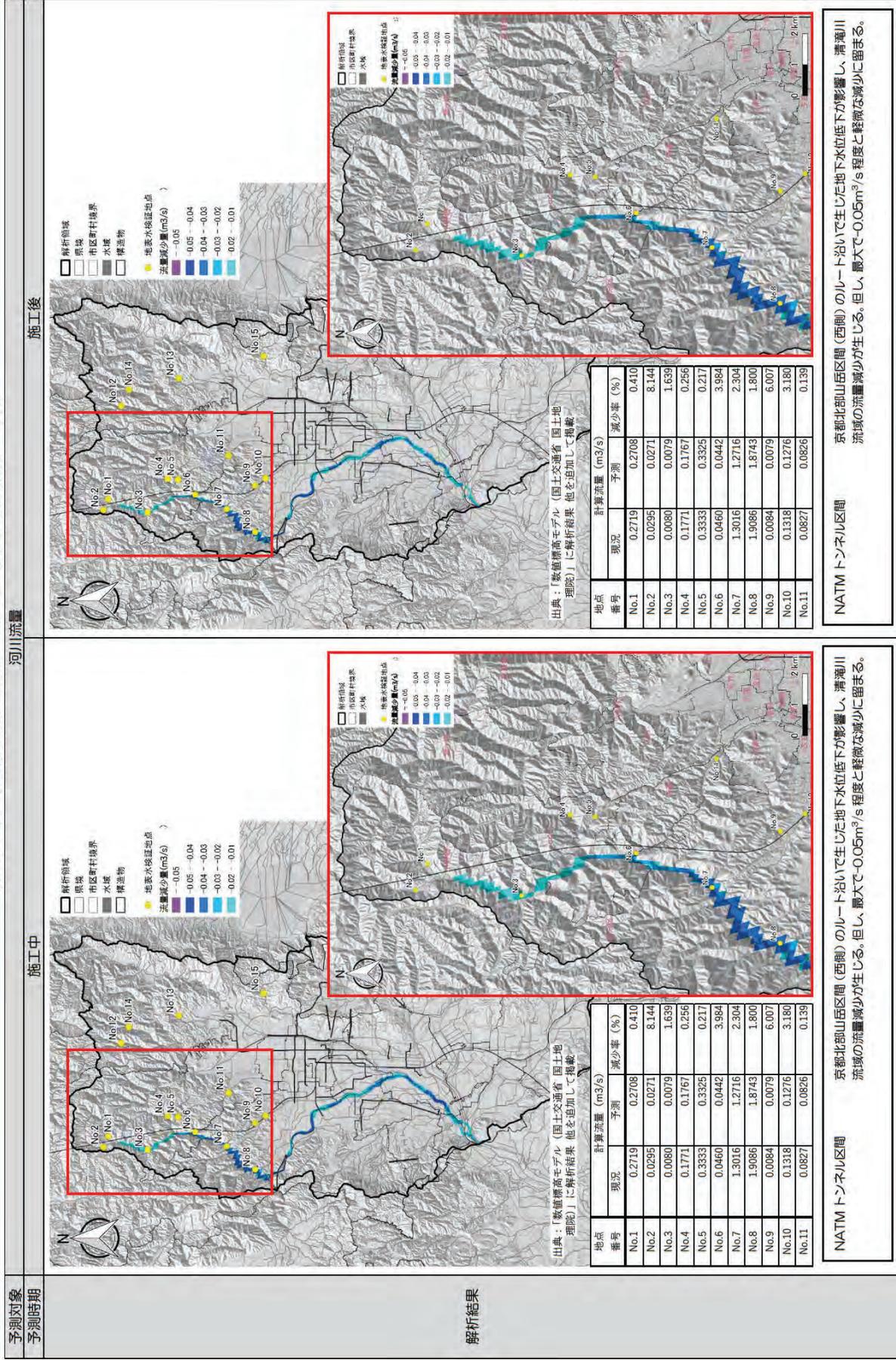


表 2.2.17(3) 影響解析結果（解析ルート③：西～京都駅（西洞院通）～中央）

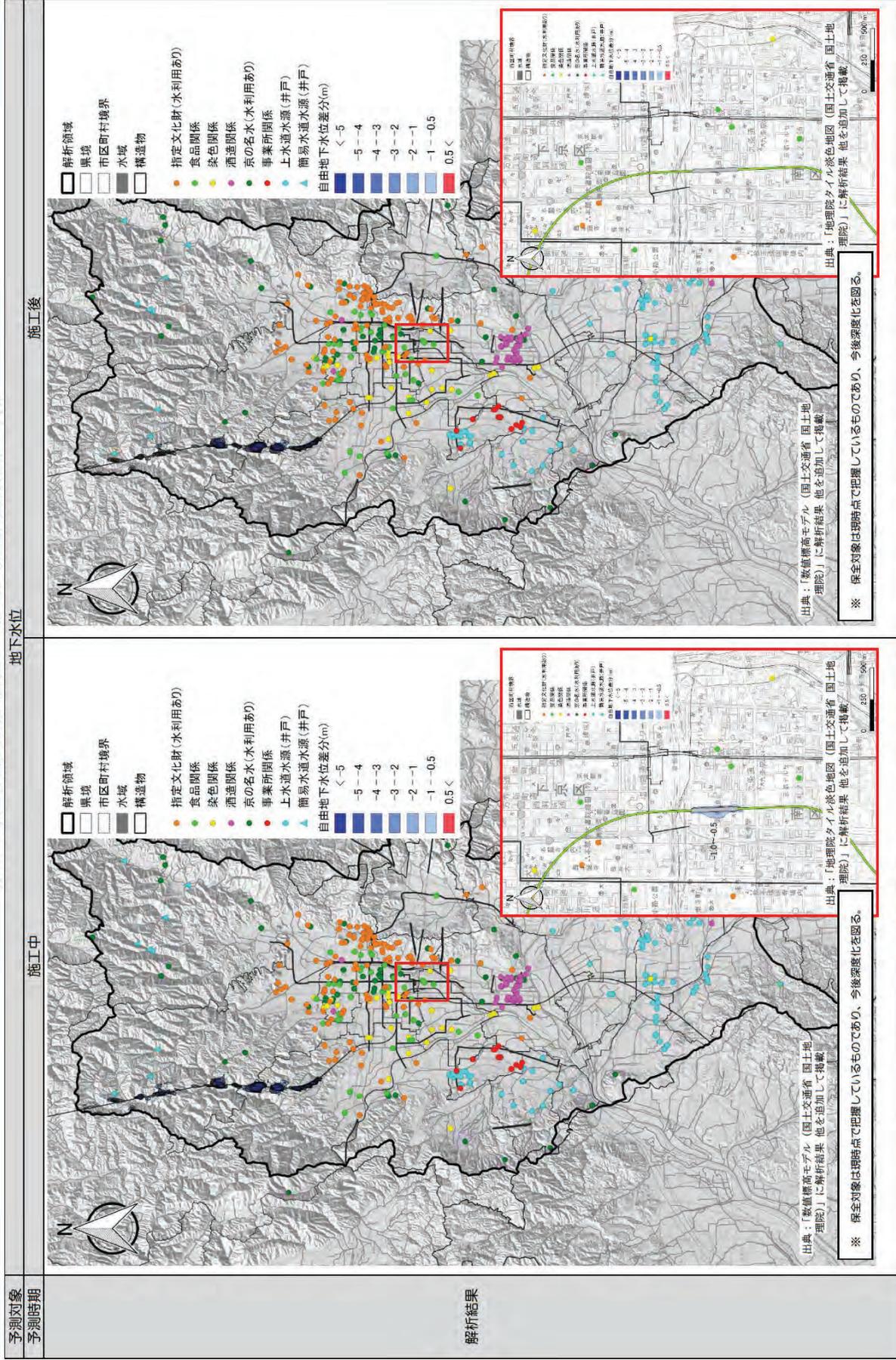


表 2.2.18(1) 影響解析結果 (解析ルート④：西～京都駅 (西洞院通)～西)

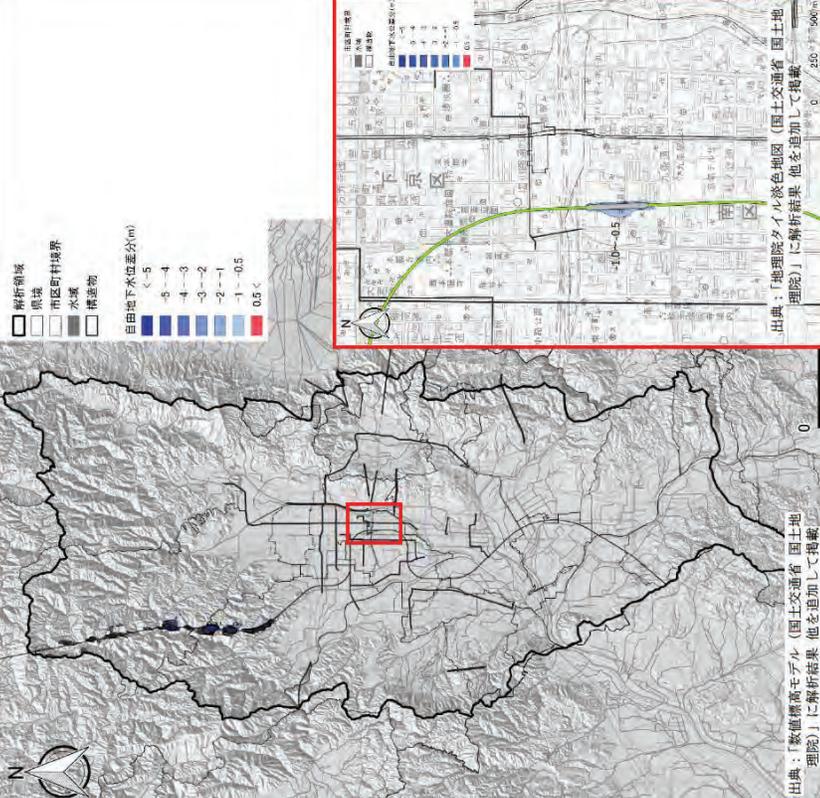
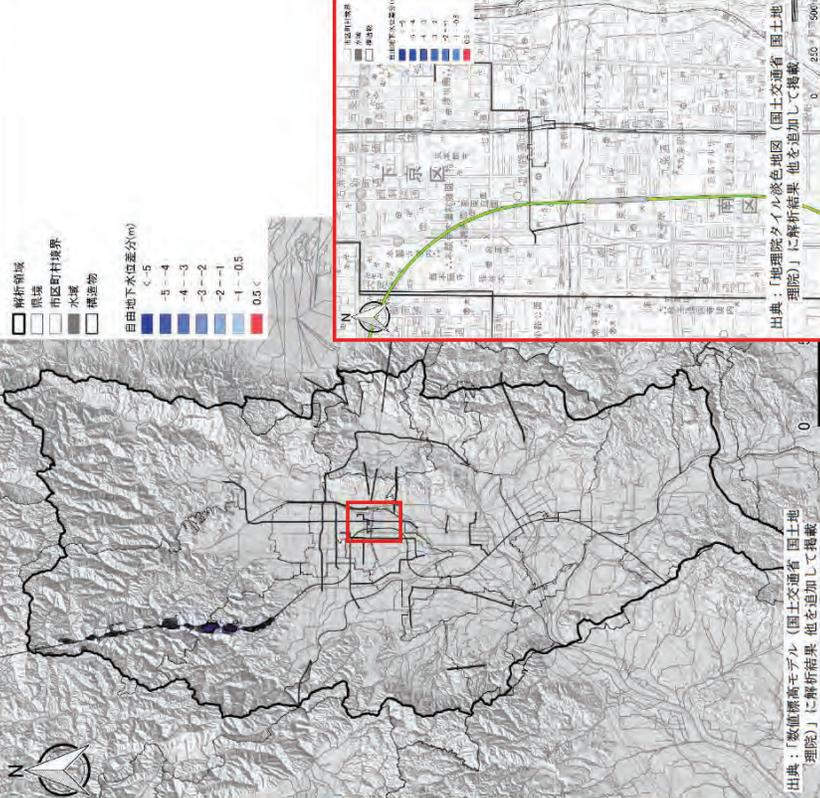
予測対象 予測時期	地下水位	地下水位
<p>解析結果</p>	<p>施工中</p>  <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。          尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大38.7m) 低下するところもある。          駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動障害が相殺し、          駅近傍に最大-1.0mに及び地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下          水位低下と地下水流動障害が相まって、最大-1.0mに及び地下水位低下が          やや広く現れる。          影響なし。</p>	<p>施工後</p>  <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。          京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。          尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大38.7m) 低下するところもある。          残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害するが、          地下水位上昇・低下域は最大±0.5m未満と極めて軽微である。</p>
	<p>シールド区間          NATMトンネル区間          駅部 (開削) 区間          立坑部</p>	<p>シールド区間          NATMトンネル区間          駅部 (開削) 区間          立坑部</p>

表 2.2.18(2) 影響解析結果（解析ルート④：西～京都駅（西洞院通）～西）

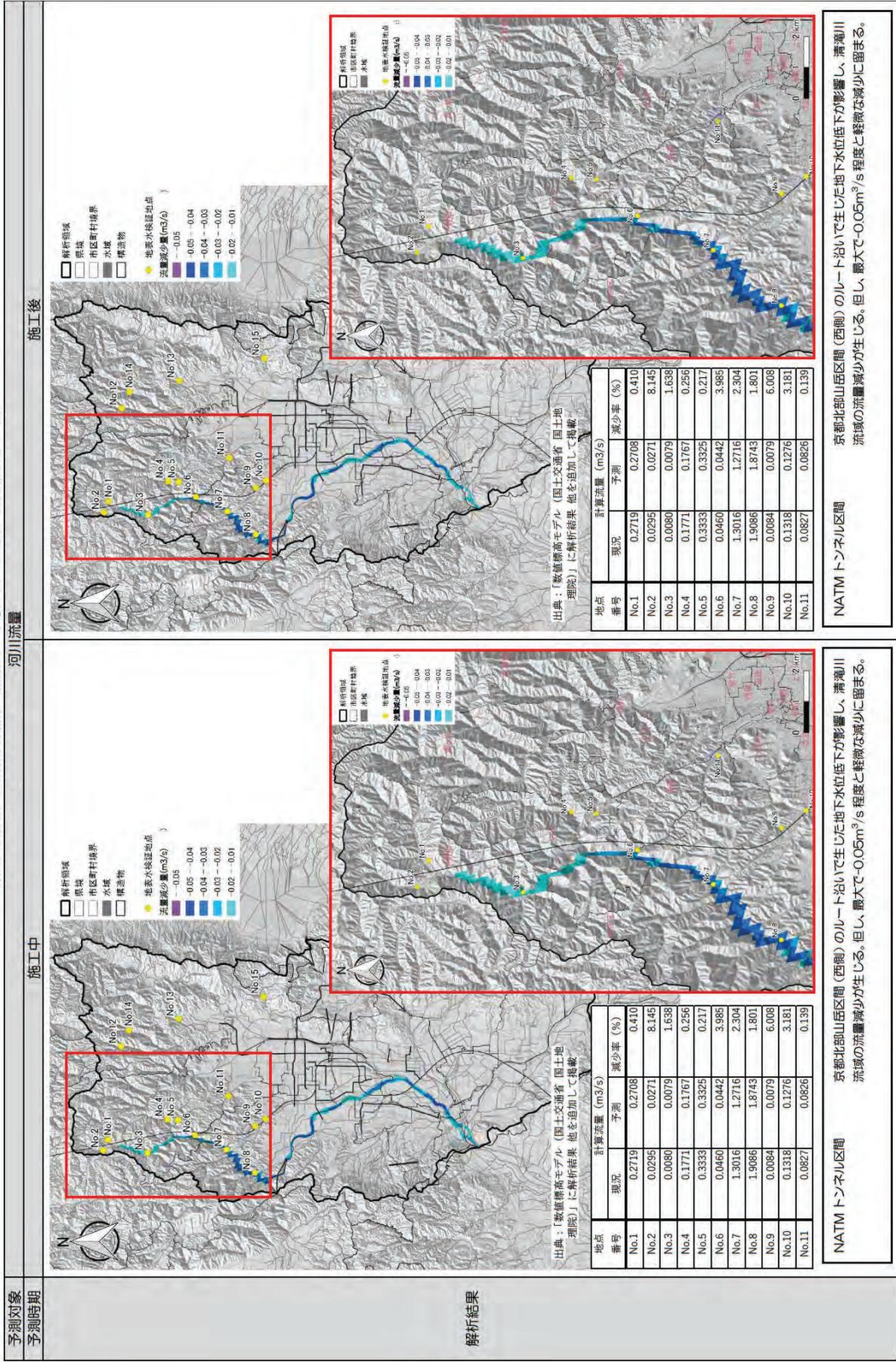
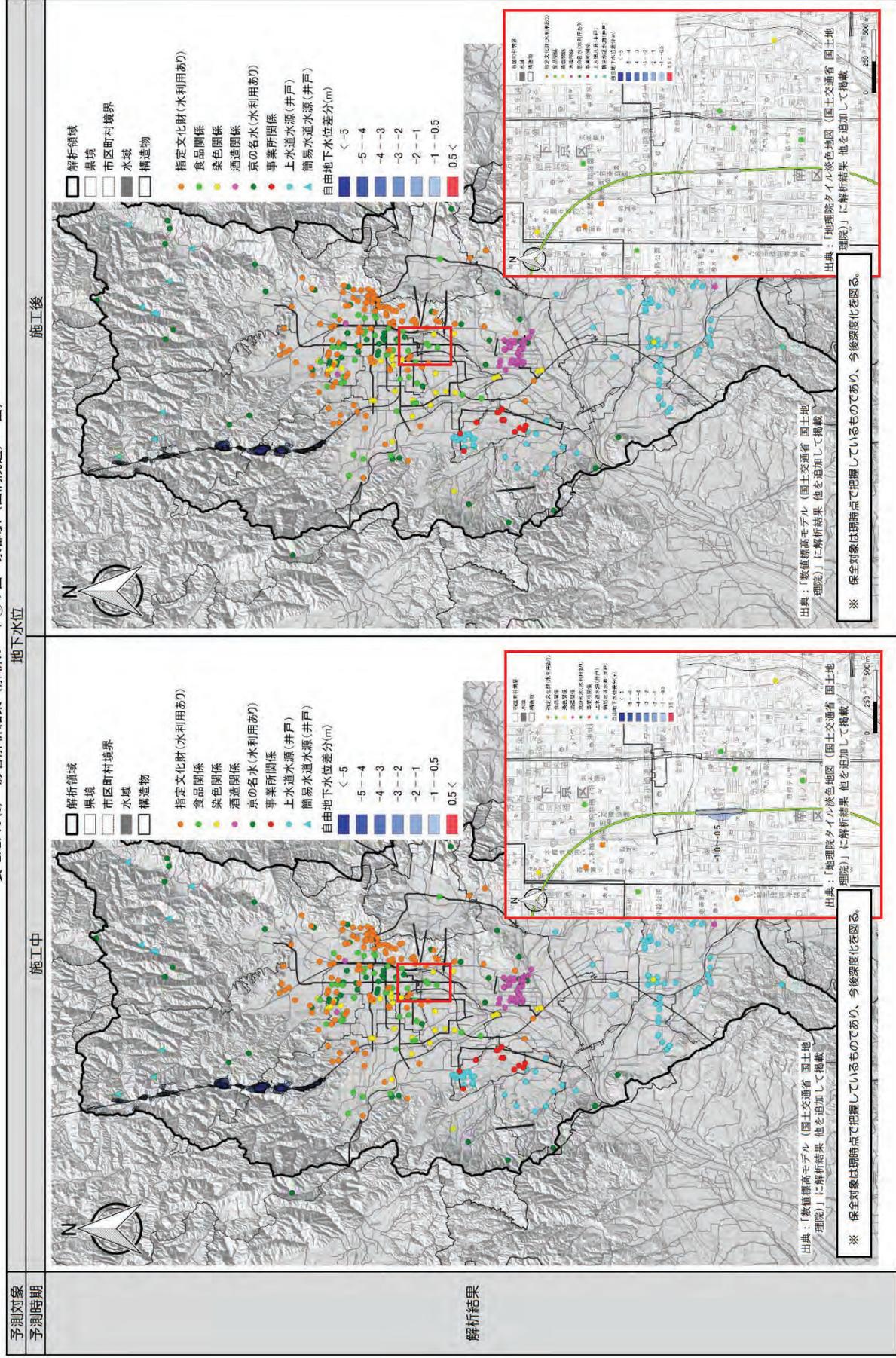


表 2.2.18(3) 影響解析結果（解析ルート④：西～京都駅（西洞院通）～西）



## 2.3. まとめ

前述までの検討結果に基づき、京都市及びその周辺域を対象とした水循環解析に係る技術的助言を、以下のとおり総括する。

### 2.3.1. 影響予測の手法について

トンネル（都市部、山岳部）、駅部、立坑と多様な地下構造物の施工が想定される京都市及びその周辺域の地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価に際し、影響予測の手法として水循環解析を採用したことは、複数の解析ルートについて地下水及び表流水（河川水）への定量的な影響予測が求められた本検討に対して最適な手法と考えられる。

### 2.3.2. 水循環解析の再現性について

気象、土地利用、利水（地下水揚水、河川取水）、地下構造物、地形・地質（水理地質）に係る既往調査・文献及び統計資料をもとに構築した水循環解析モデルの再現性については、解析範囲内の地下水位、河川流量・水位のみならず、過去の線状構造物（地下鉄東西線京都市役所から烏丸御池駅間）の工事影響実績、既設トンネル（阪神高速 8 号京都線稲荷山トンネル等）のトンネル湧水量、解析範囲全体の水収支と、様々な観点から検証されており、かつ、各々の実測値・実績値・一般値に対し、計算値は概ね一致する。

よって、構築した水循環解析モデルは現況の地下水及び河川流況を適切に再現しており、北陸新幹線で施工する地下構造物が施工中・施工後の地下水・表流水に及ぼす影響を予測するうえで十分なものと考えられる。なお、解析結果を分析する際に 2.3.5 に掲げる留意点を考慮する必要がある。

### 2.3.3. 水循環解析による影響解析結果について

構築した水循環解析モデルを用い、京都市及びその周辺域においては 4 つの解析ルート（図 2.3.1 及び表 2.3.3 参照）を対象とした施工中・施工後の影響解析を行った。影響解析結果より、北陸新幹線で施工する地下構造物が地下水・表流水に及ぼす影響は、表 2.3.1、表 2.3.2 のとおりまとめられる。

表 2.3.1 影響解析結果（総括）（1）

区 間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、西側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が生じる区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> <li>・ 施工中・後ともに、東側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより賀茂川水系、高野川水系の河川では流量減少が生じる区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>
京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 駅位置が東西配置の場合、施工中は駅北側で地下水位上昇域、駅南側で地下水位低下域が生じる。施工後も駅北側で地下水位上昇域、駅南側で地下水位低下域が生じる。</li> <li>・ 駅位置が南北配置の場合、施工中は地下水位低下域が生じ、施工後は駅近傍でも地下水位低下・上昇は軽微に留まる。</li> </ul>

表 2.3.2 影響解析結果（総括）（2）

区 間	影響解析結果
京都駅～ 京田辺市 （松井山手 駅）附近	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>

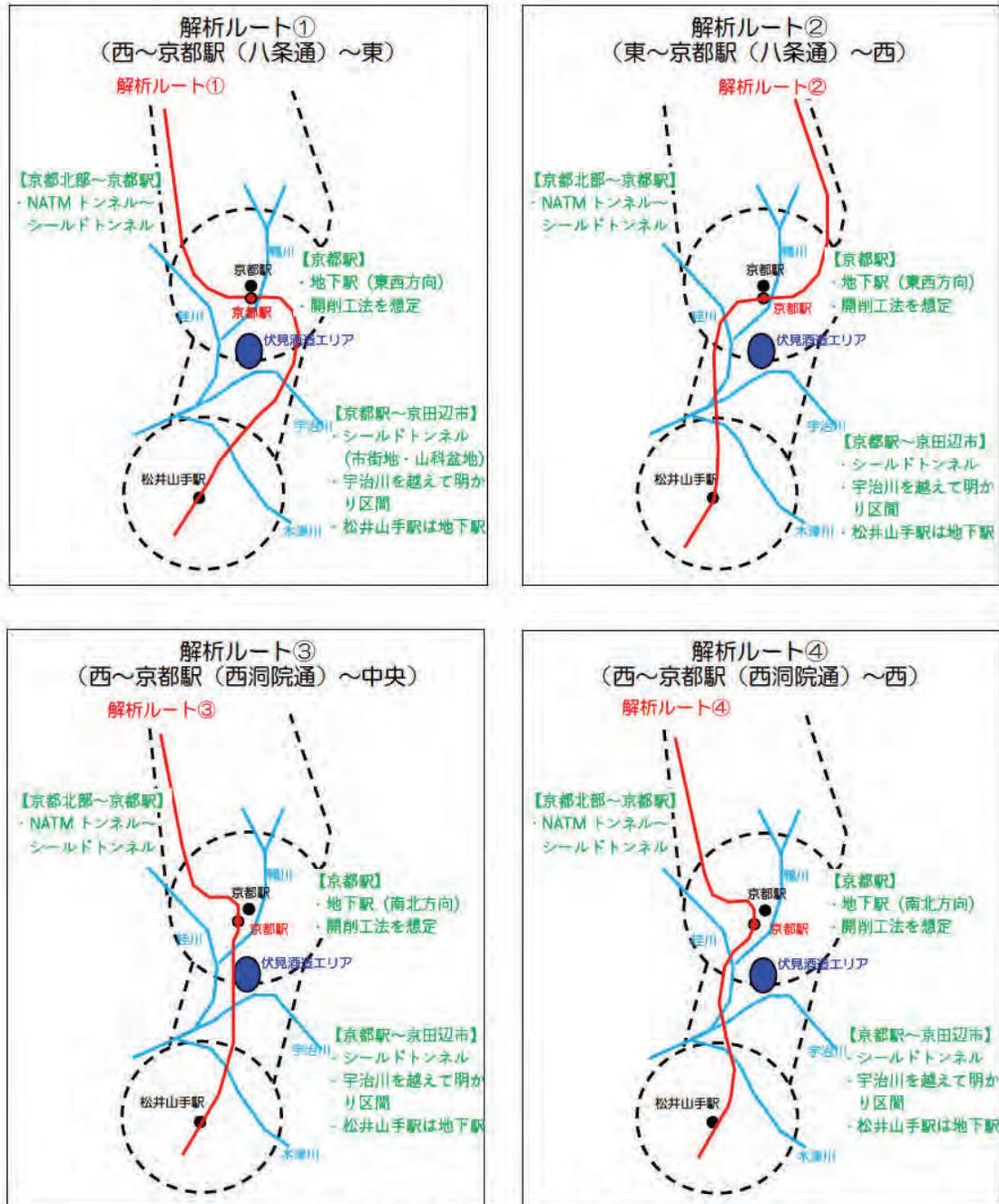
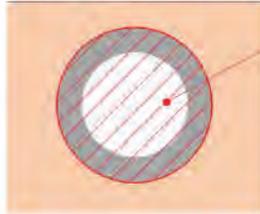
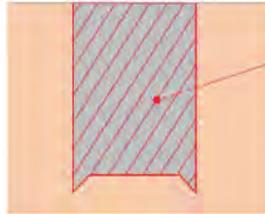
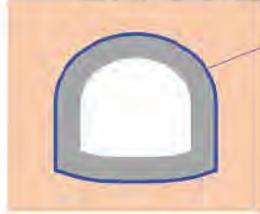
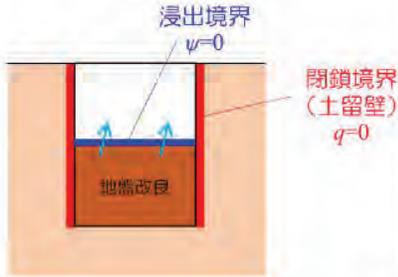
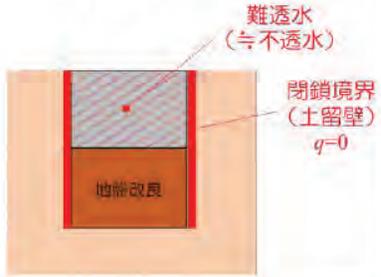


図 2.3.1 影響解析で対象とした解析ルート4案  
(京都市及びその周辺域)

表 2.3.3 影響解析における施工中・後及び工法ごとの地下構造物の取り扱い

地下水影響	区間(工法)	施工中	施工後
流動阻害	シールドトンネル及びNATMトンネル(防水)	<p>予測条件：全区間にシールドトンネル又はNATMトンネル(防水)が存在した状態。 解析設定：シールドトンネルに該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 	
	立坑(ニューマチックケーソン)	<p>予測条件：全深度にケーソン立坑が存在した状態。 解析設定：ケーソン立坑に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 	
地下水位低下	NATMトンネル	<p>予測条件：全区間にNATMトンネルが存在した状態。 解析設定：NATMトンネルに接する計算要素の面を浸出境界(飽和時の節点は大気圧開放状態(圧力水頭<math>\psi=0</math>))に設定。</p> 	
流動阻害および地下水位低下	駅部(開削)	<p>予測条件：土留壁内で掘削底面まで水位低下した状態(ドライアップした状態)。 解析設定：開削区間に接する計算要素の側面を閉鎖(不透水)境界に設定。</p> 	<p>予測条件：土留壁内に構造物が存在した状態。 解析設定：土留壁内の構造物に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 

### 2.3.4. 地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価について

表 2.3.1、表 2.3.2 にまとめた影響解析結果に基づき、京都市及びその周辺域の地下水等への影響、影響の回避又は低減について評価すると、表 2.3.4 のとおりまとめられる。

表 2.3.4 京都市及びその周辺域の地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価

区 間	地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価
京都北部 ～ 京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>本解析によれば、施工中・後、ルートの中・西いずれにおいても、NATM トンネル区間周辺の水系で地下水位低下に伴う <math>0.05\text{m}^3/\text{s}</math> 程度の流量減少が生じる結果となった。顕著な流量減少は予測されなかったものの、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。</li> </ul>
京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>本解析によれば、施工中、駅位置が東西配置か南北配置かに限らず、地下水位低下が生じる可能性がある結果となった。地下鉄東西線の京都市役所から烏丸御池駅間の工事で発生した地下水位低下*1 への苦情*2 から推定すると、概ね 1m の地下水位低下、上昇の範囲において、浅井戸の地下水利用に影響が出る可能性がある。このため、地下鉄東西線工事影響実績と本解析での影響解析結果を踏まえ、本解析上で 1m 以上の地下水位低下、上昇が予測された範囲内では、地下水利用状況を十分に把握する等、配慮が必要である。</li> <li>本解析によれば、施工後、駅位置が東西配置の場合については、地下水位低下が生じる可能性がある結果となった。駅位置が南北配置の場合については、駅近傍でも地下水位低下は軽微に留まる結果となった。地下鉄東西線工事影響実績と本解析での影響解析結果を踏まえ、本解析上で 1m 以上の地下水位低下、上昇が予測された範囲内では、施工後においても、地下水利用状況を十分に把握する等、配慮が必要である。</li> <li>地下水流動保全工法として、施工中のリチャージ工法や施工後の通水盤（管）工法も含めて、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。</li> </ul>

※1：地下鉄東西線工事影響実績によると施工後（H9.5）の 1m 以上の水位低下範囲は工事区間から約 1km 先（四条通付近）まで及んでおり（参考 1）、この付近まで被害報告が多かった状況が知られている（参考 2）。

参考 1：東西線地下水位観測業務委託（その 8）観測業務（その 1～その 8）総合解析 報告書（京都市交通局・（株）甲田工業所）

参考 2：朝日新聞大阪版（H5.12.11）お騒がせ、京都の地下鉄工事 水脈分断で浸水、井戸枯れ

※2：中京区烏丸通蛸薬師下ル「八坂神社御手洗井」が干上がり被害が生じた（参考 3）。この井戸は地下鉄東西線工事の地下水位低下範囲に含まれている。

参考 3：朝日新聞大阪版（H5.12.11）「京の味」に冷や水 井戸枯れで豆腐屋さん、漬物店ピンチ

### 2.3.5. 解析結果に対する留意点について

本委員会で得られた検討結果は、以下のことを踏まえて本事業に資することが望まれる。特に構築した水循環解析モデルは、再現解析において実測値・実績値・一般値を概ね再現したものの、下記に示す項目に留意する必要がある。また、水理定数の設定等も含め、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。

#### (再現解析)

- ・地下水位の実測値に対し、計算値がやや高い傾向があること
- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がること<sup>※1</sup>

※1：当該工事区間の広域的な水理地質、統計情報の区分地区ごとの地下水揚水等の実態を反映し、水循環解析モデルに適用したためと考えられる。

- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲は小さい傾向があること<sup>※2</sup>

※2：施工中は比較対象である施工前に比べ降水量が少なかったが水循環解析では過去十年の平均雨量で解析していること、施工中に実施されたディープウェルを、解析では一定の推定に基づき本数、間隔等を設定していることが主要要因と推定される。

- ・宇治川の3つの流量観測所（淀、向島、宇治）の計算流量が観測流量より100～120m<sup>3</sup>/s程度少ない傾向があること<sup>※3</sup>

※3：このために、宇治川上流端の既知河川流量境界には、境界値を増やした場合の地下水位への影響を確認した上で、天ヶ瀬ダムの放流量に100m<sup>3</sup>/sを加味したものを設定している。

#### (影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること

### 3. 京都北部山岳区間

#### 3.1. 調査地域の概要

##### 3.1.1. 地形・地質

###### (1) 地形概要

調査範囲及びその周辺の地形分布は図 3.1.1 に示す。京都北部山岳区間である京都府南丹市美山町～京都市右京区京北付近は、丹波高地とよばれている。丹波高地は四つの断層系で区切られた東西に少し長い菱形を呈する。北西には上林川断層、南西には三峠断層・殿田断層、北東には熊川断層、南東には琵琶湖西岸断層系が分布する。これらの断層系は第四紀に活動したことが確実な断層とされており、明瞭な断層崖が発達している。丹波高地は第四紀の断層運動により隆起した断層地塊と解釈されている。

丹波高地の地形的な特徴として、組織地形と河川争奪があげられる。丹波高地の地形の特徴として以下のことが指摘されている。

- ① 丹波高地の山頂群を構成している岩石は、ほぼ北西から南東方向にのびる丹波層群中のチャート
- ② 丹波高地の山頂高度の等高性は、チャートの位置と高度、その侵食に対する抵抗性、および断層群に起因する選択侵食によるもの
- ③ 複雑な水系網の分布は、基盤の帯状分布、大小の断層配置、構成岩石の耐食性を反映する選択侵食が作り出したもの

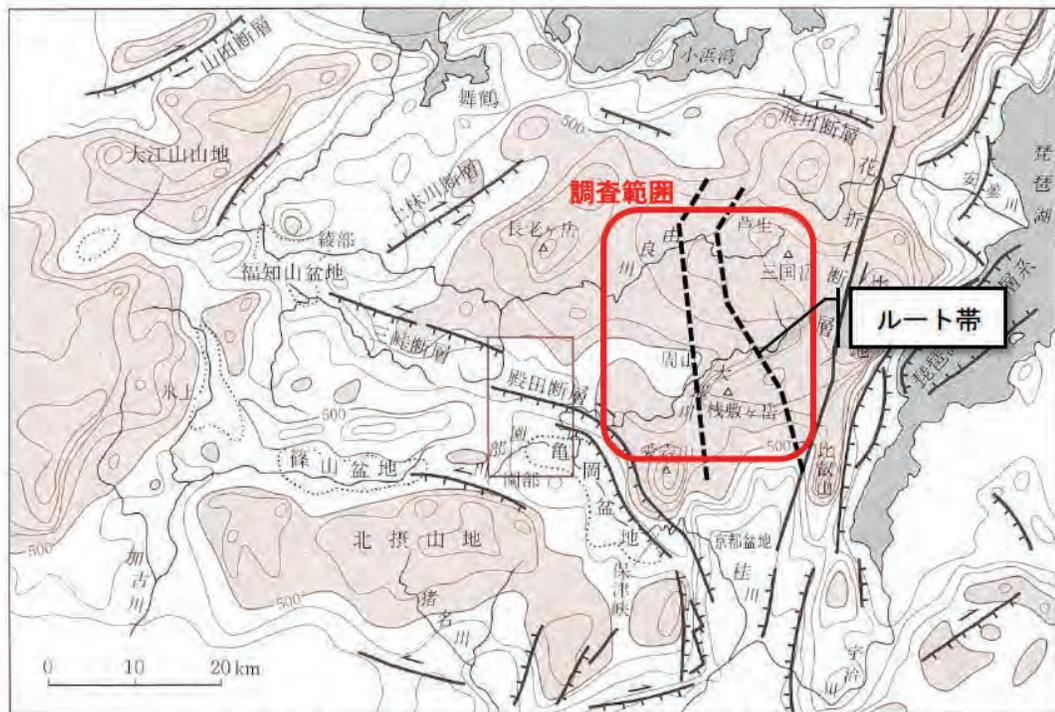


図 3.1.1 調査範囲及びその周辺の地形分布図

出典：「大支役 29 第 4 号 敦賀・大阪間地表踏査 2 報告書（日本物理探鑛株式会社）」に一部加筆

## (2) 地質概要

調査地である丹波高地は、地体構造上の「丹波帯(または美濃-丹波帯)」に属している。丹波帯を構成する地層は、かつては「丹波層群」と呼ばれていたが、岩相の組み合わせと地質年代の違いから「Ⅰ型地層群」と「Ⅱ型地層群」に区分され現在に至っている。

これらの地層群の形成過程は、かつての「地向斜造山論」から「プレートテクトニクス理論」へのパラダイム転換により、プレートの沈み込みに伴い、海洋プレート上の堆積物や火山岩類そして陸源堆積物など、それぞれ形成された場所や年代の異なる地層が海溝に沿って、大陸側に付加されて形成されたものと解釈されるようになった。

このように付加された地質体を「付加コンプレックス」あるいは「堆積岩コンプレックス」と呼んでいる。そして、放散虫など微化石の研究から「Ⅰ型地層群」と「Ⅱ型地層群」はともに中生代ジュラ紀に付加されたことがわかり、現在は「丹波帯ジュラ紀付加コンプレックス」と総称されている。「Ⅰ型地層群」と「Ⅱ型地層群」の特徴を以下に、Ⅰ型およびⅡ型地層群各付加コンプレックスの復元層序を図 3.1.2 に、付加コンプレックスの岩相分布概要を図 3.1.3 に示す。

### <Ⅰ型地層群>

Ⅱ型地層群よりも構造的低位に位置する。すなわちⅡ型地層群よりも付加された年代は新しい。古生代の地層はほとんどなく、中生代三畳紀古世の層状珪質粘土岩(砥石型珪質粘土岩)を基底に三畳紀中世—ジュラ紀古—中世の層状チャート、ジュラ紀の珪質泥岩・黒色泥岩・砂岩が累重した岩相層序をなす。

#### 【構成される付加コンプレックス】

- ・古屋コンプレックス
- ・由良川コンプレックス (太原、比叡山コンプレックス)
- ・佐々江コンプレックス
- ・鶴ヶ岡コンプレックス

### <Ⅱ型地層群>

Ⅰ型地層群よりも構造的上位に位置する。すなわちⅠ型地層群よりも付加された年代は古い。古生代石炭紀新世～ペルム紀の緑色岩・石灰岩・層状チャート、中生代三畳紀～ジュラ紀古世の層状チャート、主にジュラ紀古—中世で一部三畳紀の珪質泥岩・黒色泥岩・砂岩が累重した岩相層序をなす。

#### 【構成される付加コンプレックス】

- ・灰屋コンプレックス
- ・雲ヶ畑コンプレックス
- ・周山コンプレックス

既往調査(大支役 29 第 4 号 敦賀・大阪間地表踏査 2 (H30.1))において、

で実施された弾性波探査の結果を、図 3.1.5 に示す。

起点側(北側)のチャート分布区間付近では、弾性波速度 4.0 km/s の線がやや深くなっており、やや亀裂が多い岩盤となっている可能性がある。弾性波速度 1.0 km/s 以下は、一般的に表層土や強風化岩と想定されることから の急傾斜部では浅部から岩盤が出現すると考えられるが、斜面の中腹から尾根部では弾性波速度 1.0 km/s 線が地表から 5~10m 程度の位置にあり、この付近ではやや厚く表土や強風化岩が分布している可能性がある。





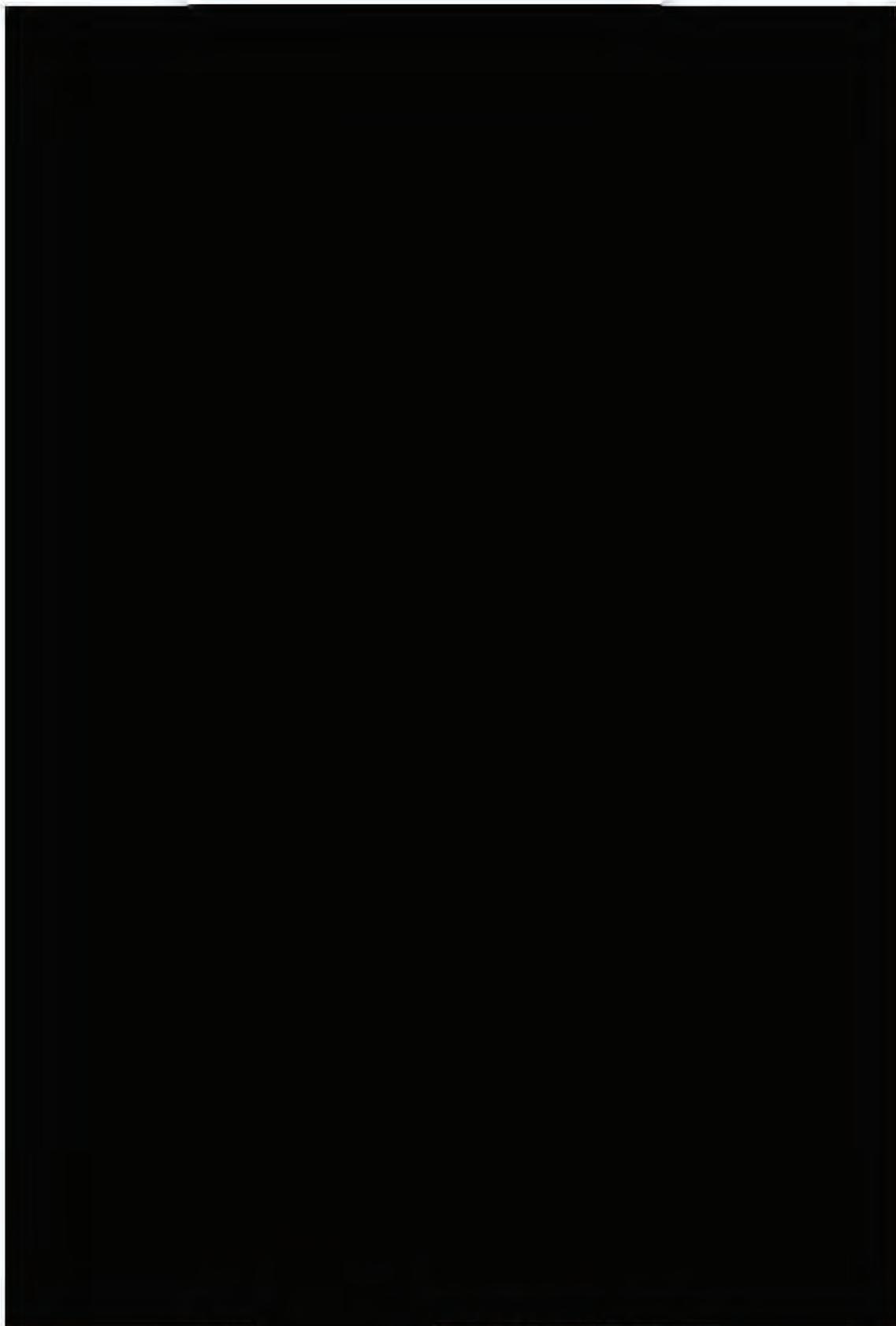


図-5.1.4 〇〇〇〇の地質想定断面図 (SH=1/10000, SV=1/2000)

図 3.1.5 既往調査における弾性波探査結果

出典：「大支役 29 第 4 号 敦賀・大阪間地表踏査 2 報告書（日本物理探査株式会社）」に一部加筆

### 3.1.2. 水文

#### (1) 地下水

京都北部山岳区間において、地下水位の観測が継続的に行われている観測施設は無かった。

#### (2) 河川

##### 1) 河川流量・水位

北陸新幹線（敦賀・新大阪間）の対象事業実施範囲周辺で、表流水の流量を観測している施設は、表 3.1.1 に示す地点が挙げられる。観測所位置図は図 3.1.6 に示すとおりである。各観測所の河川水位・流量変動状況は、参考資料 2 にまとめた。

表 3.1.1 河川水位・流量観測地点

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」、「京都府HP」

観測所名	観測項目	河川名	観測所諸元		河川流量(m <sup>3</sup> /s)	河川水位(E.L.m)
			流域面積	零点高	2012年平均	2012年平均
日吉ダム (機構)	流入量・放流量 ・貯水位	桂川	290.000km <sup>2</sup>	—	11.47	—
大野ダム	流入量・放流量 ・貯水位	由良川	354.000km <sup>2</sup>	—	16.39	—
上黒田	水位	桂川	66.00km <sup>2</sup>	—	—	—
井戸(機構)	水位	桂川	—	264.510m	—	264.90
田歌	水位流量	由良川	—	287.730m	—	—

注：上黒田、田歌は 2000 年以降観測データなし

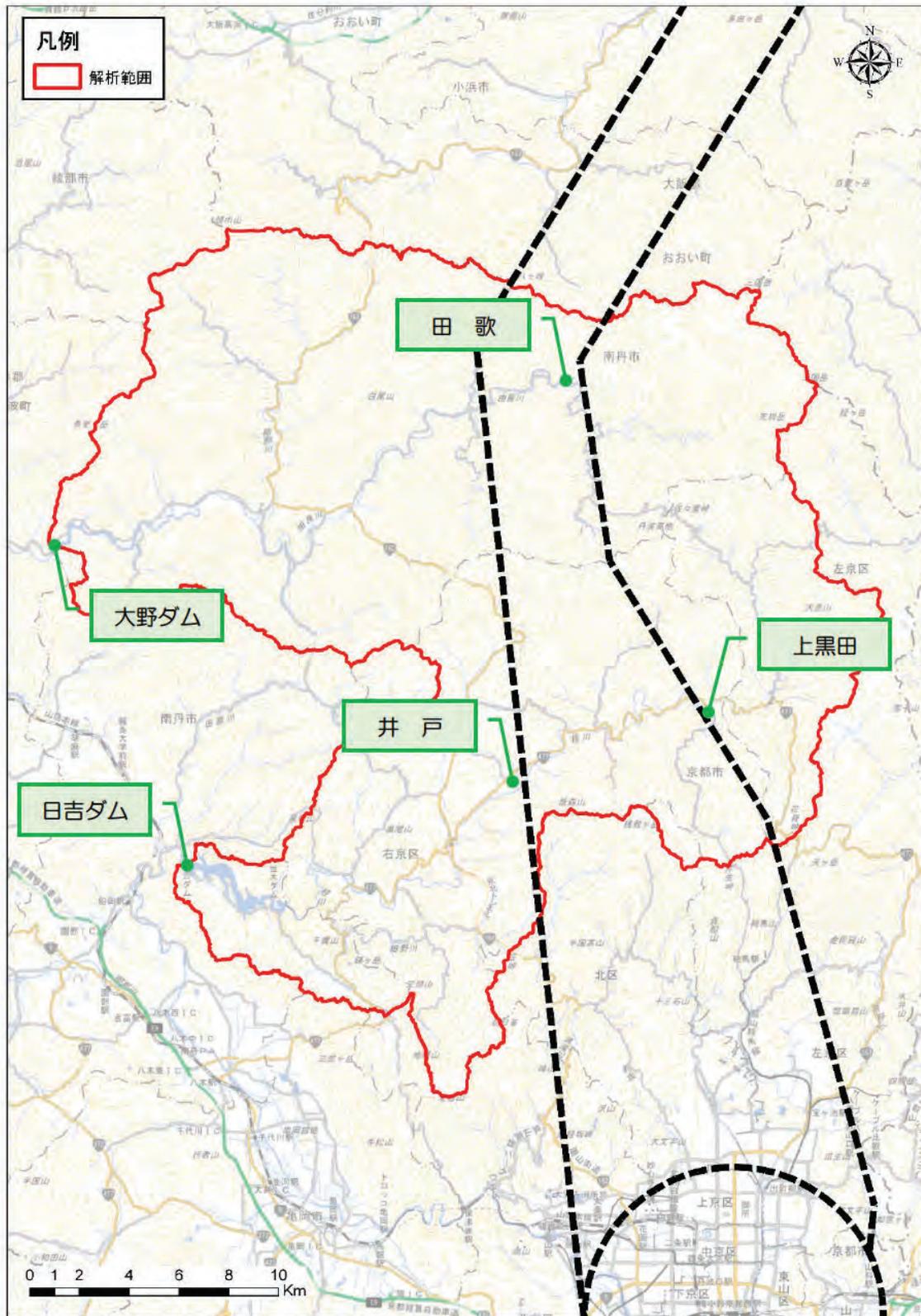


図 3.1.6 河川水位・流量観測所位置図（ダム地点含む）

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下水位観測所位置、解析範囲 他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから  
 水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

### (3) 気象

#### 1) 降水量

気象の情報は、気象庁の観測所の情報を収集・整理した。観測所の諸元は表 3.1.2 に、位置図は図 3.1.7 に示すとおりである。対象とした 2 観測所の年間降水量の推移については、参考資料 3 にまとめた。

各地点の年降水量の確率規模を計算（参考資料 3.c）参照）した結果、平年値は京北で 1,557.0mm/年、美山で 1,802.4mm/年であった。

表 3.1.2 観測所の情報

資料(入手先)	観測所	観測所	入手データ期間(年)	収集対象要素
国土交通省 気象庁*	京北	京都市右京区京北比賀江町院谷	1976～2019	雨
	美山	南丹市美山町静原松野	1978～2019	雨、気温

\*国土交通省気象庁/過去の気象データ検索 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)



図 3.1.7 気象観測所位置図

出典：「アメダス（国土交通省 気象庁）」

注：グレー背景の地点は廃止地点

#### 3.1.3. 土地利用

降雨の地下への浸透のしやすさは土地の被覆状況によることから、図 3.1.8 に示す「平成 28 年版土地利用細分メッシュ（国交省国土数値情報 DL サービス）」に基づき土地の被覆状況を把握した。京都北部山岳区間ではほぼ森林である様子が明らかである。

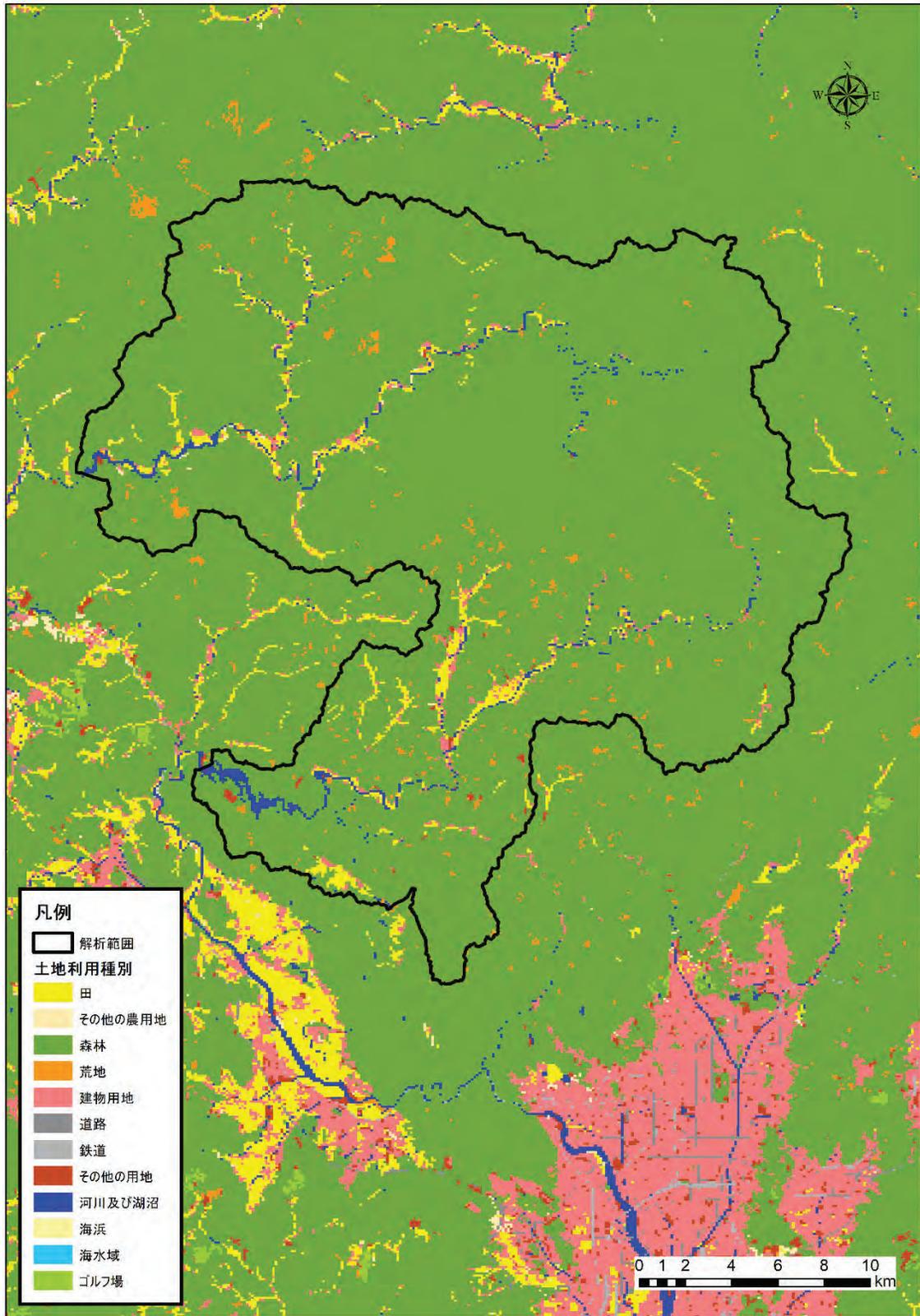


図 3.1.8 土地利用状況図

出典；「平成 28 年版土地利用細分メッシュ（国交省国土数値情報 DL サービス）」をもとに作成

### 3.1.4. 水利用

#### (1) 水道用

##### 1) 南丹市

南丹市の水道水源については、「南丹市水道事業ビジョンー安全で安心でき安定供給を継続できる水道ー」（H29.3、南丹市上下水道部）を参考とした。

これによれば、対象事業実施区域近辺には、知井簡易水道事業、佐々里飲料水供給施設、芦生飲料水供給施設の3つの水道事業が存在する（図 3.1.9 参照）。これらの水源は、すべて表流水・伏流水を水源としている。

##### 2) 京都市

京都市の山間地域の水道水源については、京都市より提供いただいた資料を参考とした。

図 3.1.10 に水道給水区域の浄水場の諸元と位置を示す。

これらによれば、浄水場の水源は、表流水・伏流水・浅層地下水・深層地下水と多様で、地域性が認められる。

#### (2) 農業用

##### 1) 南丹市

南丹市の農業用水源については、南丹市より提供いただいた資料を参考とした。

これらによれば、農業用利水施設のほとんどは頭首工であり、水源は河川水・沢水であることがわかる。農業用利水施設は、由良川の右岸支川の知見谷川と、左岸支川の河内谷川に多く存在する。

##### 2) 京都市

京都市の農業用水源については、桂川の取水堰、六ヶ辻土地改良区による利用、祖父谷川付近の配水等が存在する。

(簡易水道事業沿革)

区分	事業名称	計画内容			備考
		創設認可日 変更認可日	計画人口 (人)	計画給水量 (m³/日)	
桶水	胡麻桶水水道事業	S44.9.16 H2.7.10	2,600	1,080認可	
桶水	日吉中央簡易水道事業	S32.9.9 H15.3.5	5,000	3,000認可	
	志和簡易水道事業	S50.8.9 S63.9.6			日吉中央に統合廃止
	下天竺簡易水道事業	S50.8.9 H9.6.11			日吉中央に統合廃止
桶水	四少谷簡易水道事業	S48.8.3 H7.3.31	390	156認可	
桶水	中世木簡易水道事業	S49.8.23 H15.3.27	170	88認可	
桶水	佐々江簡易水道事業	S52.6.23 H17.12.28	210	82認可	
桶水	生畑・木柱簡易水道事業	S53.5.18 H17.3.24	370	148認可	
桶水	畑脚簡易水道事業	S54.6.2 H16.3.24	230	87認可	
桶水	美山中央簡易水道事業	S35.8.11 H4.6.11	2,100	870認可	
	和原簡易水道事業	S35.8.11 S52.6.15			美山中央に改称廃止
	大野簡易水道事業	S45.8.1 S50.5.21			美山中央に統合廃止
桶水	和井簡易水道事業	S31.10.29 H25.3.27	1,470	810認可	
	内久保簡易水道事業	S51.6.24 H25.3.27			和井に統合廃止
	平野簡易水道事業	H13.9.29 H25.3.27			和井に統合廃止
	野添簡易水道事業	S33.8.27 S44.2.5			上平屋に統合廃止
	安掛簡易水道事業	S34.8.15 S52.6.1			上平屋に統合廃止
	上平屋簡易水道事業	S43.10.25 H13.3.29			平屋に改称廃止
桶水	宮島簡易水道事業	S55.6.18	430	86認可	
桶水	鶴ヶ岡簡易水道事業	S53.5.27 H13.3.29	1,100	461認可	
	高野簡易水道事業	S50.8.1 H13.3.29			鶴ヶ岡に統合廃止
軟併	戸生飲料水供給施設	S56.7.1 H14.9.20	69	25認可	
軟併	佐々江飲料水供給施設	S58.7.1 H14.9.20	65	15認可	

(簡易水道浄水場一覧)

名称	施設能力 水量 (m³/日)	水源の種類	浄水処理 方式
大回内浄水場	166	表流水	緩速ろ過
大回内第2浄水場	100	表流水	緩速ろ過
天引浄水場	68	表流水	緩速ろ過
法京浄水場	11	表流水	緩速ろ過
川東浄水場	2,720	浅層地下水	高速ろ過
胡麻第1浄水場	398	伏流水	緩速ろ過
胡麻第2浄水場	682	伏流水	緩速ろ過
藤田浄水場	822	伏流水	膜ろ過
片野浄水場	1,625	浅層地下水	高速ろ過
和田浄水場	553	伏流水	緩速ろ過
四少谷浄水場	156	浅層地下水	緩速ろ過
中世木浄水場	88	表流水	緩速ろ過
佐々江浄水場	82	伏流水	緩速ろ過
生畑・木柱浄水場	148	伏流水・浅層地下水	緩速ろ過
畑脚浄水場	87	表流水	緩速ろ過
河内谷浄水場	229	表流水	緩速ろ過
内久保浄水場	76	表流水	緩速ろ過
野添浄水場	113	表流水	緩速ろ過
又林浄水場	270	表流水	緩速ろ過
宮島浄水場	86	伏流水	緩速ろ過
鶴ヶ岡第1浄水場	210	表流水	緩速ろ過
鶴ヶ岡第2浄水場	241	伏流水	緩速ろ過
川谷浄水場	379	表流水	緩速ろ過
若柳浄水場	40	表流水	緩速ろ過
洞谷浄水場	410	伏流水	緩速ろ過
高野谷浄水場	51	伏流水	膜ろ過
戸生浄水場	25	伏流水	緩速ろ過
佐々江浄水場	15	伏流水	緩速ろ過

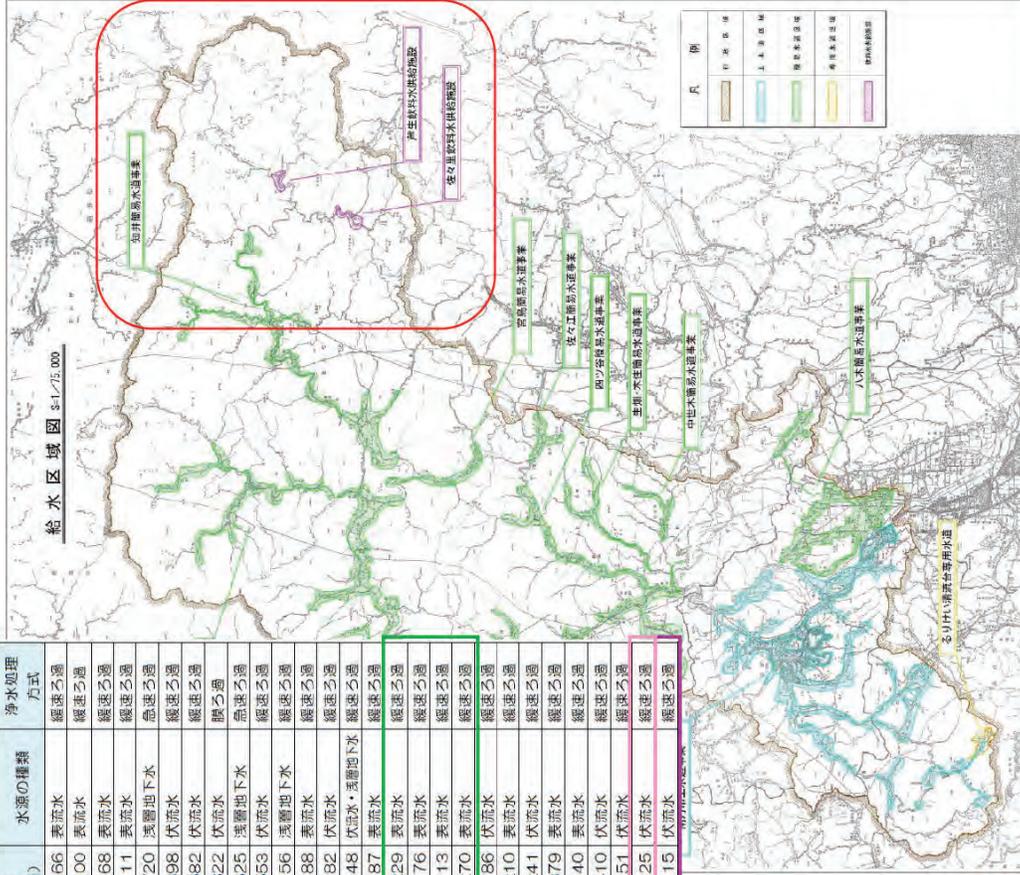
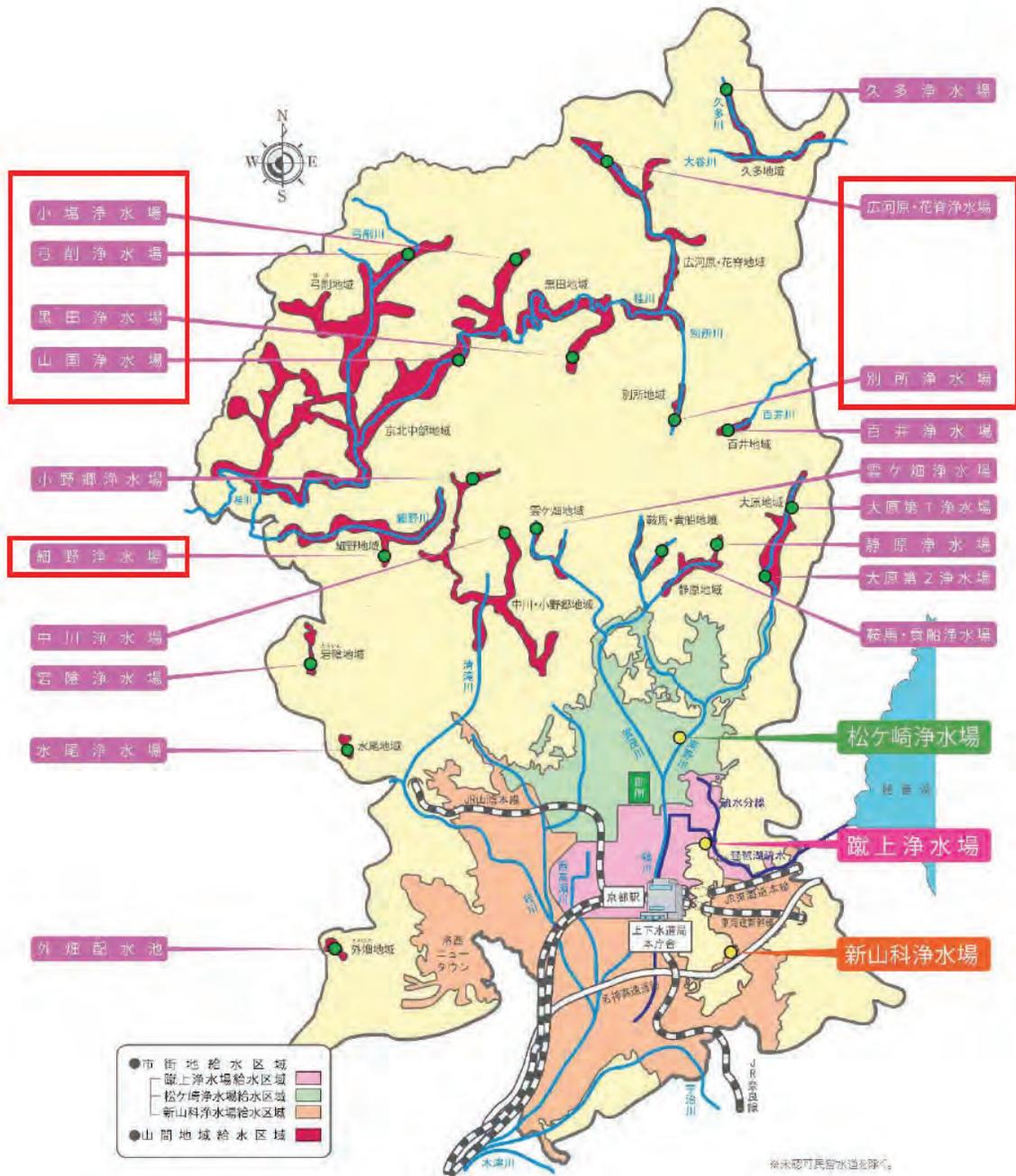


図 3.1.9 南丹市の水道事業の概要  
出典：「南丹市水道事業ビジョン—安全で安心な供給を継続できる水道—(南丹市上下水道部、2027)」に一部加筆



桂川流域内

山国浄水場	弓削浄水場	別所浄水場
<b>給水区域</b> 右京区北山町野町、京北北郷之町、京北中伏町、京北郷町、京北山町、京北島郷町、京北下町、京北山崎町、京北五木松町、京北南田町、京北中野町、京北東三町、京北西町、京北東代町、京北南谷町、京北下野町、京北船津町、京北吉野町、京北藤本町、京北中郷町、京北町石松、京北下野町の各一部	<b>給水区域</b> 右京区京北上野町、京北土中町、京北下中町、京北下野町、京北藤本町、京北中郷町、京北町石松、京北下野町の各一部	<b>給水区域</b> 右京区京北藤本町の各一部
<b>水源</b> 山国川(桂川)	<b>水源</b> 山国川(桂川)	<b>水源</b> 山国川(桂川)
<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)	<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)	<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)
<b>給水開始</b> 平成24年11月	<b>給水開始</b> 平成23年11月	<b>給水開始</b> 平成22年11月
<b>取水施設</b> 第1水源：取水井 (汲水井) RC造 内径3.5m×深7.5m 取水井φ1.1MPH有孔管口径1,000mm×2本	<b>取水施設</b> 第1水源：取水井 (汲水井) RC造 内径3.5m×深7.5m 取水井φ1.1MPH有孔管口径1,000mm×2本	<b>取水施設</b> 第1水源：取水井 (汲水井) RC造 内径3.5m×深7.5m 取水井φ1.1MPH有孔管口径1,000mm×2本
高田浄水場	小堀浄水場	山国原・花背浄水場
<b>給水区域</b> 右京区京北土中町、京北藤本町、京北中郷町、京北下野町の各一部	<b>給水区域</b> 右京区京北小堀町、京北藤本町、京北中郷町の各一部	<b>給水区域</b> 右京区京北藤本町の各一部
<b>水源</b> 山国川(桂川)	<b>水源</b> 山国川(桂川)	<b>水源</b> 山国川(桂川)
<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)	<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)	<b>浄水処理方法</b> 沈降・濾過方式 (MF法)
<b>給水開始</b> 平成23年11月	<b>給水開始</b> 平成25年4月	<b>給水開始</b> 平成23年4月
<b>取水ポンプ</b> 取水ポンプ 容量8.6m³ (1台)	<b>取水ポンプ</b> 第1水源：給水RC造 7.6m×2.0mφ6.0m電圧埋込口径1700mm 第2水源：取水井 (汲水井) RC造 内径3.0m×深4.0m	<b>取水ポンプ</b> 第1号・第2号取水井 (直径150mm×60m)

図 3.1.10 京都市山間地域の簡易水道の給水区域における浄水場施設概要

出典：「山間地域の浄水場施設等」(<https://www.city.kyoto.lg.jp/suido/page/0000058493.html>) (京都市) を基に一部加筆

## 3.2. 水文・水環境への影響予測

### 3.2.1. 解析の方針

#### (1) 解析手法・解析範囲

環境影響評価方法書「7-3 専門家等による技術的助言」、方法書に対する自治体意見を踏まえ、京都北部山岳区間についても、京都市及びその周辺域と同様、地下水と表流水の流れを三次元で解析することができる水循環解析モデル（図 2.2.1 参照）を用いることとした。

解析範囲については、桂川上流域（日吉ダムより上流域）と由良川上流域（大野ダムより上流域）（図 3.2.1 参照）とした。

#### (2) 再現解析（モデル検証）

現況の再現解析は、以下に示す要領で行った。

##### ①解析期間設定

- ・ 平水年気象条件下での定常計算（気象条件などの外力が一定の下での計算）とする。
- ・ 平水年は京都市域の広域解析と同様、2012 年とする。

##### ②再現性の検証方法

- ・ モデル再現性の検証として、流域全体の水の動態を押さえるという観点から、環境アセスメント環境影響評価項目「地下水」に関わる現地調査で実施した、河川・沢流量観測の観測流量と計算流量を定量的に比較・検証する。
- ・ 一般的な降水量の水収支と解析範囲全域の水収支を定量的に比較・検証する。

#### (3) 影響解析

地下構造物施工等に伴う地下水等への影響解析は、施工中・後の地下水・表流水への影響について各々実施するものとし、以下に示す要領で行った。

##### ①解析期間設定

- ・ 平水年気象条件下での定常計算とする。

##### ②影響予測の方法

- ・ 施工中・後、及び工法ごとに、地下水・表流水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行う。
- ・ 施工中・後、及び工法ごとに想定される地下水・表流水への影響と解析上の取り扱い（条件設定方法）は表 2.2.1 の NATM トンネルに従う。

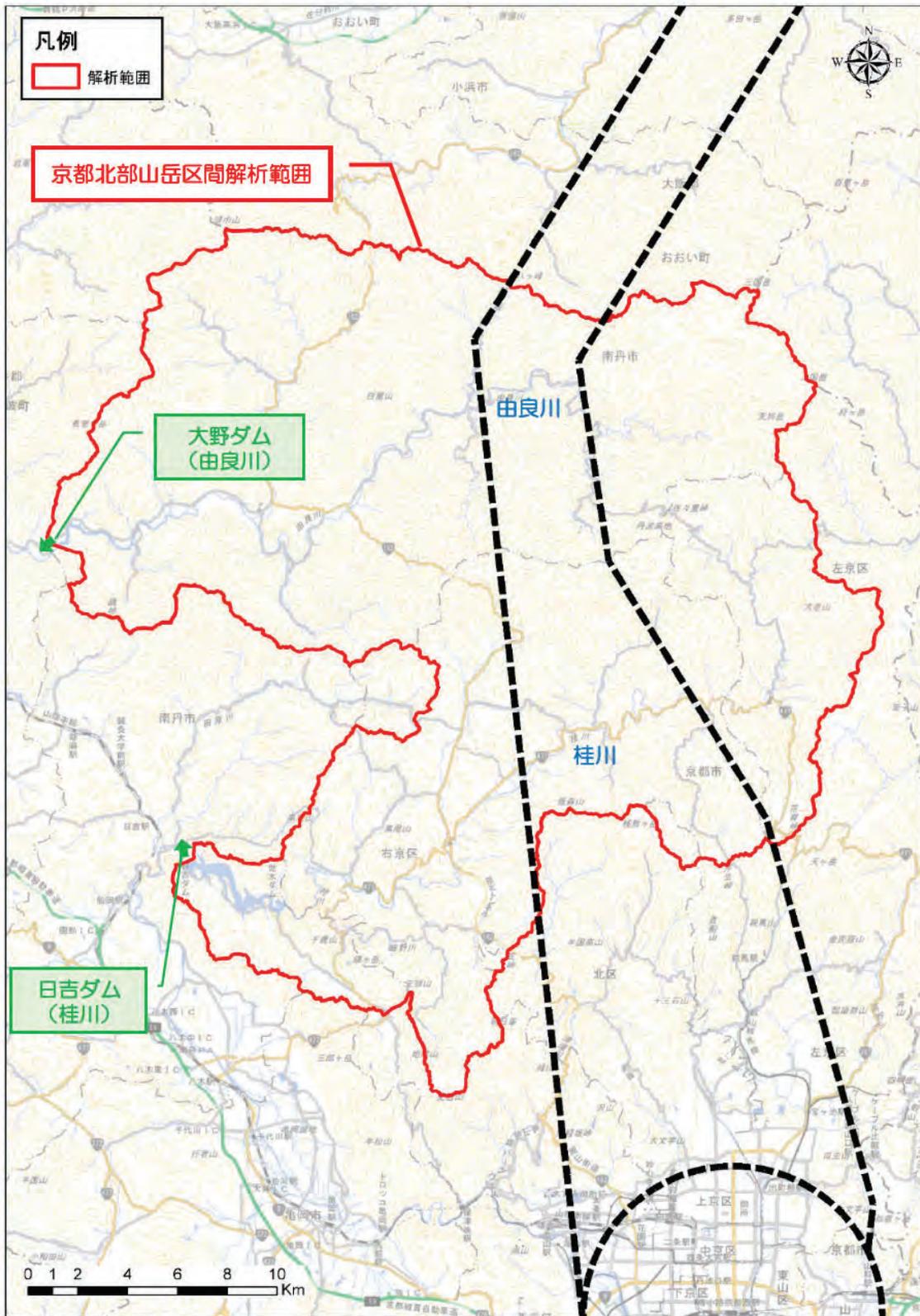


図 3.2.1 京都北部山岳区間を対象とした解析範囲図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析範囲 他を追加して掲載

### 3.2.2. 三次元モデルの構築

#### (1) 水循環解析モデル

使用する水循環解析モデルについては、2.2.2 項と同様である。

#### (2) 境界条件

京都北部山岳区間解析における境界条件については、以下のとおり設定した。

##### 1) 基本的な設定

境界条件を設定する解析範囲の縁は表流水の流域界であり、概ね地下水の分水界にも相当することから閉鎖境界とした。ただし、河川の流出地点については、以降のとおり設定した。

##### 2) 河川の流出

境界を越えて流出する河川（由良川、桂川）については、当該境界地点を河川下流端のダム（大野ダム、日吉ダム）とし、この地点を通過する地表流はすべて水循環解析モデルの系外に流出するように設定した。

#### (3) 解析条件

##### 1) 気象条件

水循環解析では、地下水・表流水の起源である有効雨量を設定する。有効雨量は降水量から実蒸発散量を差し引いて求められる。

本解析では、既往降水量から確率規模（再起確率、何年に1度発生する雨か）を確認して解析年を検討した。そのうえで、水循環解析では、一般的に平水年（平均的な降水量の年）を解析年とすることから、本解析においても平水年を現況再現と影響予測の解析年とした。

##### a) 解析年の検討

解析年の検討の詳細については、参考資料3.c)に示す。

検討の結果、平水年は2012年と定めた。

##### b) 降水量

有効雨量を算定するにあたって用いた解析年の年間降水量の分布を図3.2.2に示す。基になるのは解析雨量データによる年間降水量(②)であるが、表3.2.1に示すように解析範囲内にある2つの気象庁観測所(アメダス)の年間降水量(①)に対して②が大きい。このため、2地点の比率(①/②)の平均を求め、これを補正係数として、解析雨量データに乗じたものを、解析年の年間降水量の分布とした。

表 3.2.1 アメダス雨量と解析雨量の比較 (2012 年年間降水量)

単位：mm/年

観測所	アメダス (①)	解析雨量 (②)	①/②
美山	1836.0	2336.8	0.786
京北	1661.0	2372.8	0.700
平均			0.743

注：解析雨量データとは、気象庁・国土交通省が保有する気象レーダーの観測データに加え、気象庁・国土交通省・地方自治体が保有する全国の雨量計のデータを組み合わせて、1 時間の降水量分布を 1km 四方の細かさで解析したもの（気象庁 HP より抜粋）

c) 実蒸発散量

有効雨量の算定に必要な実蒸発散量については、広域解析と同様の方法で算定した。但し、ここで、気温の高度補正にあたっては、美山観測所を基準観測所とした。

2) 土地利用条件

地表面における水の流れ易さを規定する「マンニングの粗度係数」については、広域解析との整合を図るため、広域解析と同じマンニングの粗度係数（表 2.2.4 参照）を設定した。

3) 河川条件

河川種別ごとの河川断面のメッシュ化についても、広域解析との整合を図るため、広域解析と同じ方針（「2.2.2(3)3 河川条件」参照）で行った。

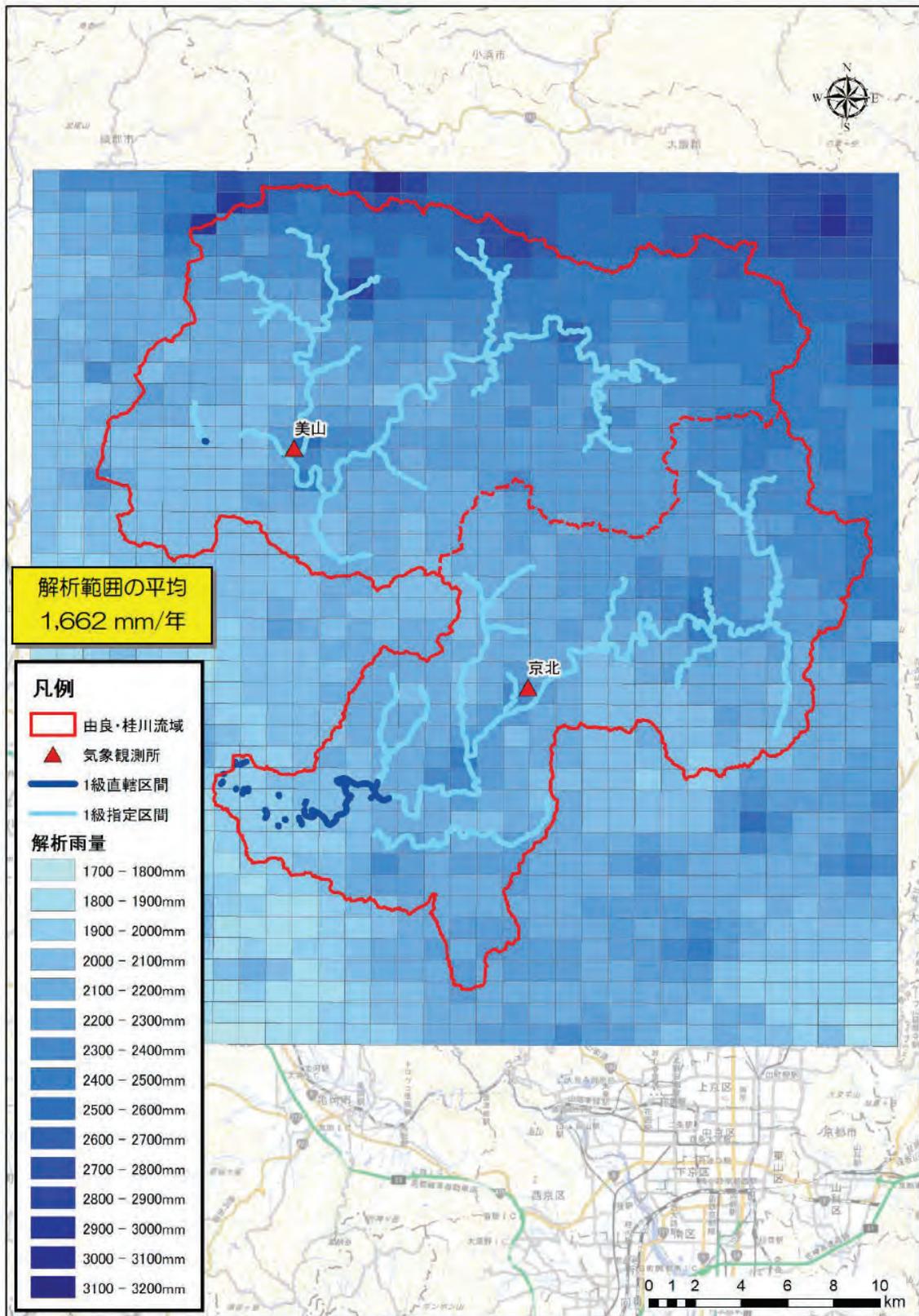


図 3.2.2 解析年（平水年：2012 年）の年間降水量分布図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に、「解析雨量（国土交通省気象庁）」をもとにメッシュごとに積算し実測との補正比率 0.743 を乗じたデータ、解析範囲 他を追加して掲載

#### (4) 三次元地質モデル

##### 1) 地層モデル区分

解析範囲の地層モデル区分は、岩相や水理地質特性を踏まえ、表 3.2.2 のとおり「花崗岩」、「砂岩」、「頁岩」、「チャート」、「玄武岩」の 5 種に区分することとした。また、岩相ごとに、表層の風化部と深層の新鮮部に区分することとした。

三次元地質モデルの構築にあたっては、本来、地層の傾斜構造、断層・破碎帯を反映することが望ましいが、広域に渡ってこれらをモデル化するには十分な情報がないことから、本解析では、図 3.2.3 に示す表層の水理地質区分を、鉛直下方に延長するものとした。

表 3.2.2 本解析における地層モデル区分

地質時代	地層区分	特徴	層相・岩相	地層モデル区分	
中生代 ～ 古生代	花崗岩類	中～粗粒の黒雲母花崗岩や、斑状黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩、細～中粒等粒状の黒雲母普通角閃石トータル岩等からなる。一部捕獲岩として細粒な変輝緑岩や、安山岩・花崗斑岩・石英斑岩・アブライト等を、岩脈として含有する。	花崗岩(新鮮部)	Base(Gr)層	
			花崗岩(風化部)	Base(Gr_W)層	
	丹波層群 ※ ※	砂岩優勢層 (塊状～厚層理砂岩、砂岩頁岩互層 等)	砂岩は中粒から粗粒で、灰色ないし暗灰色を呈しており、 <b>塊状～厚層理砂岩</b> として分布していることが多い。塊状～厚層理砂岩は塊状砂岩と同程度の厚さの砂岩泥岩互層の繰り返しからなる。一部、頁岩中のブロックとして産出するものも認められる。淘汰が良いものが多いが、まれに淘汰の悪い砂岩が含まれる。	砂岩(新鮮部)	Base(Sa)層
				砂岩(風化部)	Base(Sa_W)層
		泥岩・頁岩優勢層 (黒色頁岩、頁岩・泥岩混在層、珪質粘土岩 等)	頁岩は灰黒色を呈しており、雲母を多く含み葉理が顕著な <b>黒色頁岩</b> として分布していることが多い。混在岩の様相を呈している頁岩・泥岩混在層については、砂岩やチャート・石灰岩の小岩塊を含み、剥離性を有する。この混在岩に含有されている頁岩は、砂質なことが多い。	頁岩(新鮮部)	Base(Sh)層
				頁岩(風化部)	Base(Sh_W)層
		チャート優勢層 (層状チャート(珪質泥岩を伴う)等)	チャートは、灰白色から暗灰色を呈するものが多いが、赤色や灰褐色、赤褐色等を呈する場合がある。主に連続性の良い <b>層状チャート</b> として分布しているが、砂岩など他の岩石内にブロック状に存在したり、ドロマイトと互層を形成している場合もある。一部、凝灰質ないし泥質なチャートも認められる。	チャート(新鮮部)	Base(Ch)層
				チャート(風化部)	Base(Ch_W)層
	緑色岩類 (緑色岩相(玄武岩質枕状溶岩・塊状溶岩・火砕岩類・混在岩を伴う))	緑色岩類は、主に <b>玄武岩溶岩あるいは玄武岩火砕岩</b> から構成されており、暗緑色を呈しているが、赤褐色～赤紫色を呈するものもある。一部の地域において、発泡痕の見られる部分や顕著な枕状構造を呈する部分も認められる。層厚は変化に富んでいるが、東西の走向方向での連続性は良い場合が多い。	玄武岩(新鮮部)	Base(Ba)層	
			玄武岩(風化部)	Base(Ba_W)層	

##### 2) 帯水層の水理定数

帯水層ごとに設定した水理定数については、広域解析との整合を図るため、広域解析と同じ水分特性曲線(図 2.2.15 参照)と透水係数(表 2.2.6 参照)を設定した。

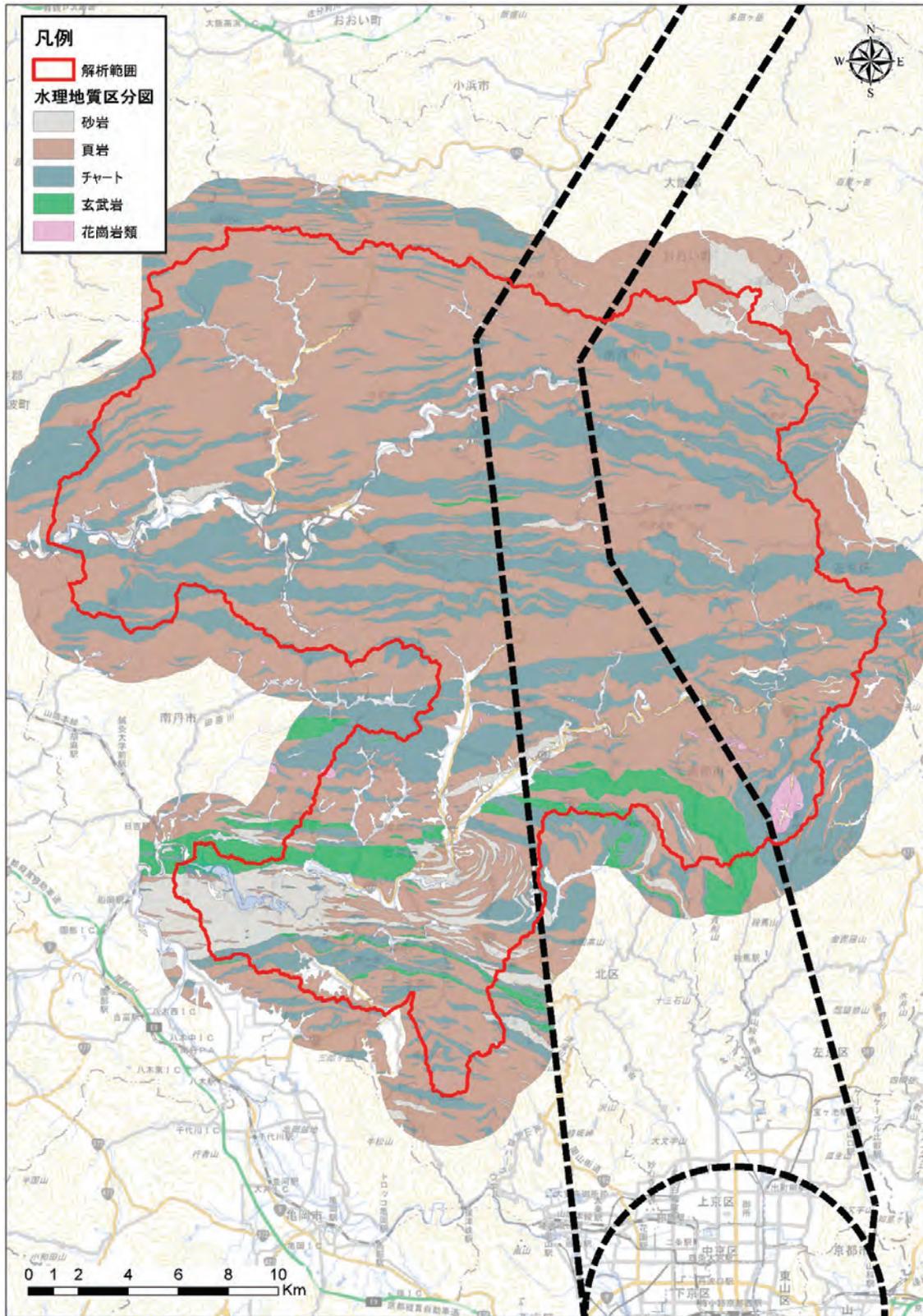


図 3.2.3 水理地質区分図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に、「5万分の1地質図幅－四ツ谷・小浜・北小松・熊川・綾部・京都西北部・京都東北部・京都東南部－（地質調査所）」をもとに表 3.2.2 の岩相を踏まえてゾーニングした結果、解析範囲 他を追加して掲載

### 3.2.3. 再現解析

#### (1) 河川流量の検証

水循環解析モデルの再現性検証のための河川流量観測地点の位置を図 3.2.4 に、検証結果を図 3.2.5 に示す。ここで、観測流量は、当該事業に係る環境影響評価の一環として実施中の現地調査より、冬季（令和3年2～3月）、春季（令和3年4月）、夏季（令和3年8月）、秋季（令和3年11月）の流量観測結果の平均値とした。

図 3.2.5 に示すとおり、計算流量の RMSE は全地点で  $0.10\text{m}^3/\text{s}$ 、誤差平均も  $0.05\text{m}^3/\text{s}$  と小さく、良好な再現性を示している。

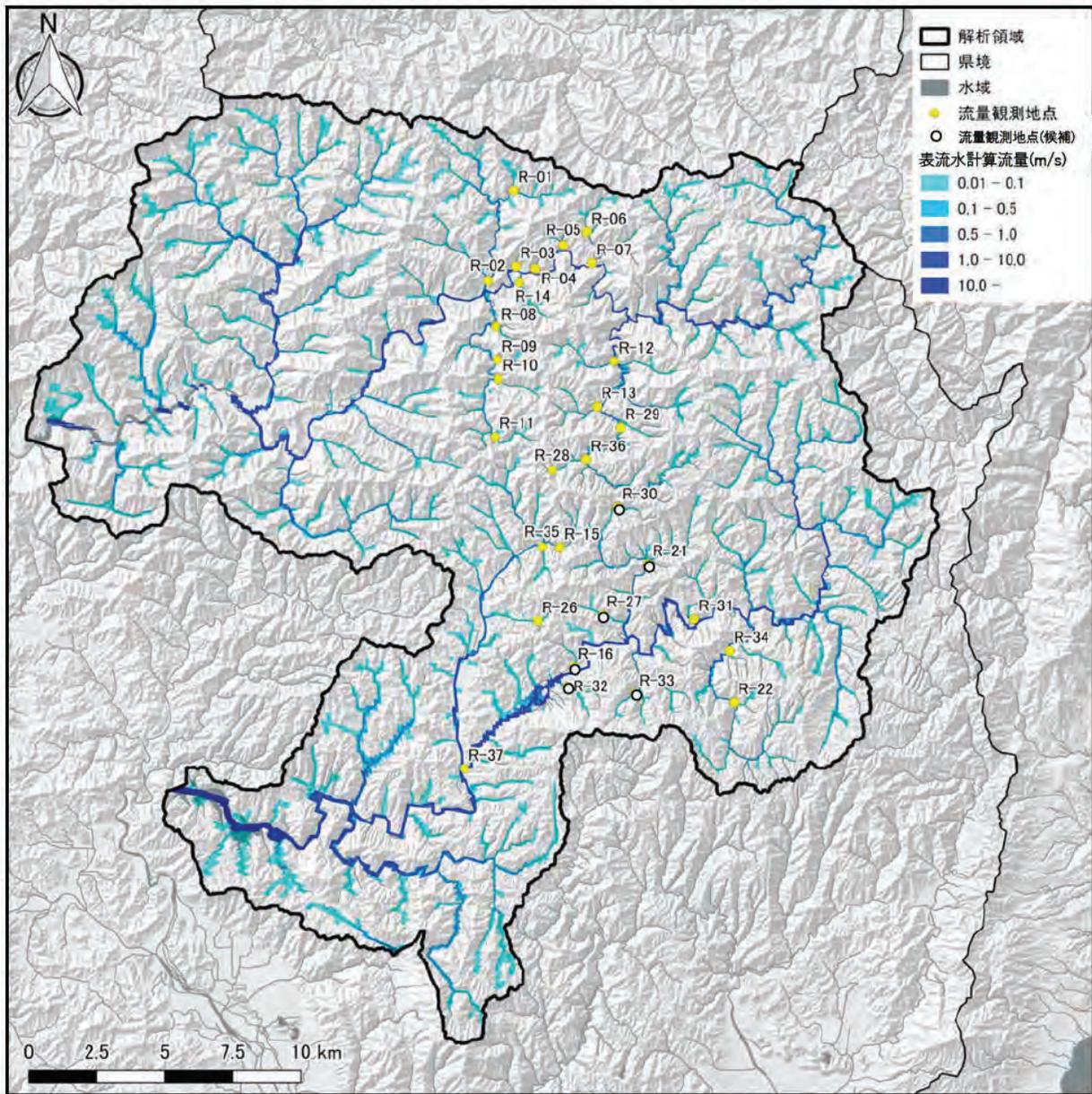
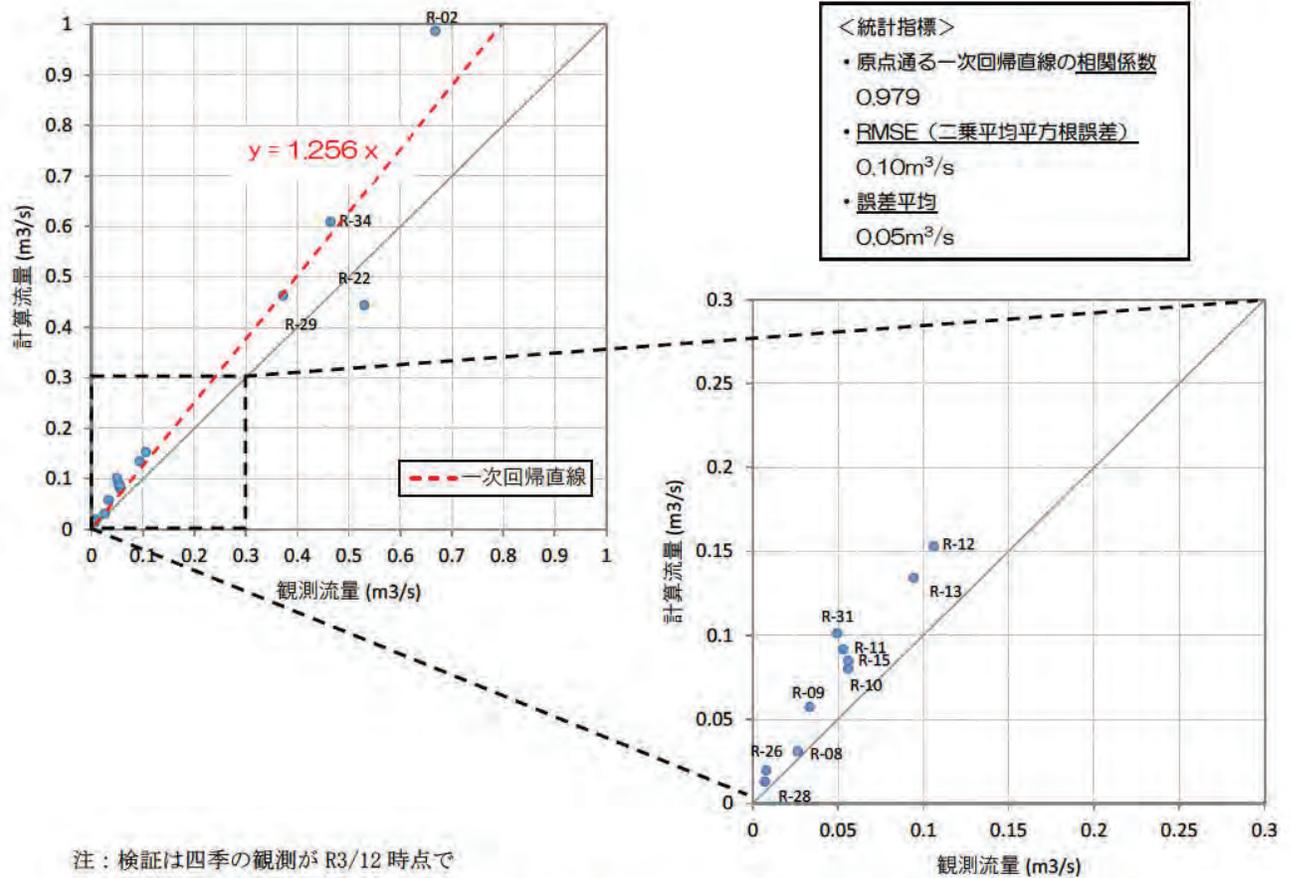


図 3.2.4 計算流量と河川流量観測地点位置図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載

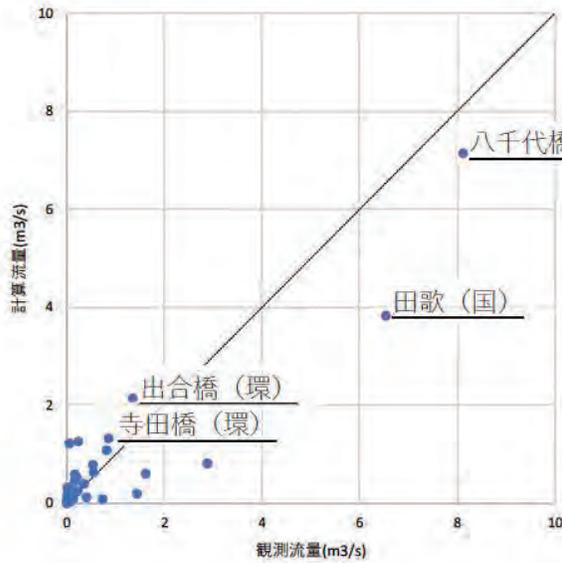


注：検証は四季の観測が R3/12 時点で  
終了した 14 地点による

図 3.2.5 河川流量観測地点における再現解析結果

参考検証として、その他の流量観測地点の観測流量と計算流量の比較を図 3.2.6 に示す。同図によれば、解析結果が概ね山岳区間の河川流量を再現していることが分かる。

なお、河川流量データは、調査時期、調査期間、調査頻度が異なるものを利用している。特に、国交省所管の「田歌（国）」や、日本鉄道建設公団大阪支社（現（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構北陸新幹線建設局）が実施した観測地点は、昭和 40～60 年代と調査時期が古く、河川形状や河川水の利用、周辺の土地利用なども変化していると考えられる。



<観測流量出典>

\*\*\* (環) : 「公共用水域及び地下水の水質測定結果」(京都府)より、2008~2020年度の観測流量の平均値

\*\*\* (国) : 「国土交通省水文水質データベース」より、1976, 1977, 1979~1988年の観測流量の平均値

その他 : 「大支役14第105号地質調査その2(美山町-亀岡市)報告書」(d)、「大支役52第24号北陸新幹線佐々江馬路間水文環境調査その他報告書」(b)、「大支役52第58号北陸新幹線染ヶ谷・佐々江間水文環境調査その他報告書」(e)、「大支役53第23号北陸新幹線佐々江~馬路間水文調査他報告書」(c)、「北陸新幹線I地区水文環境調査その他報告書」(a)(以上、日本鉄道建設公団大阪支社)における、1973, 1987, 1988年度の渇水時の観測流量

図 3.2.6 その他の河川流量観測地点における再現解析結果

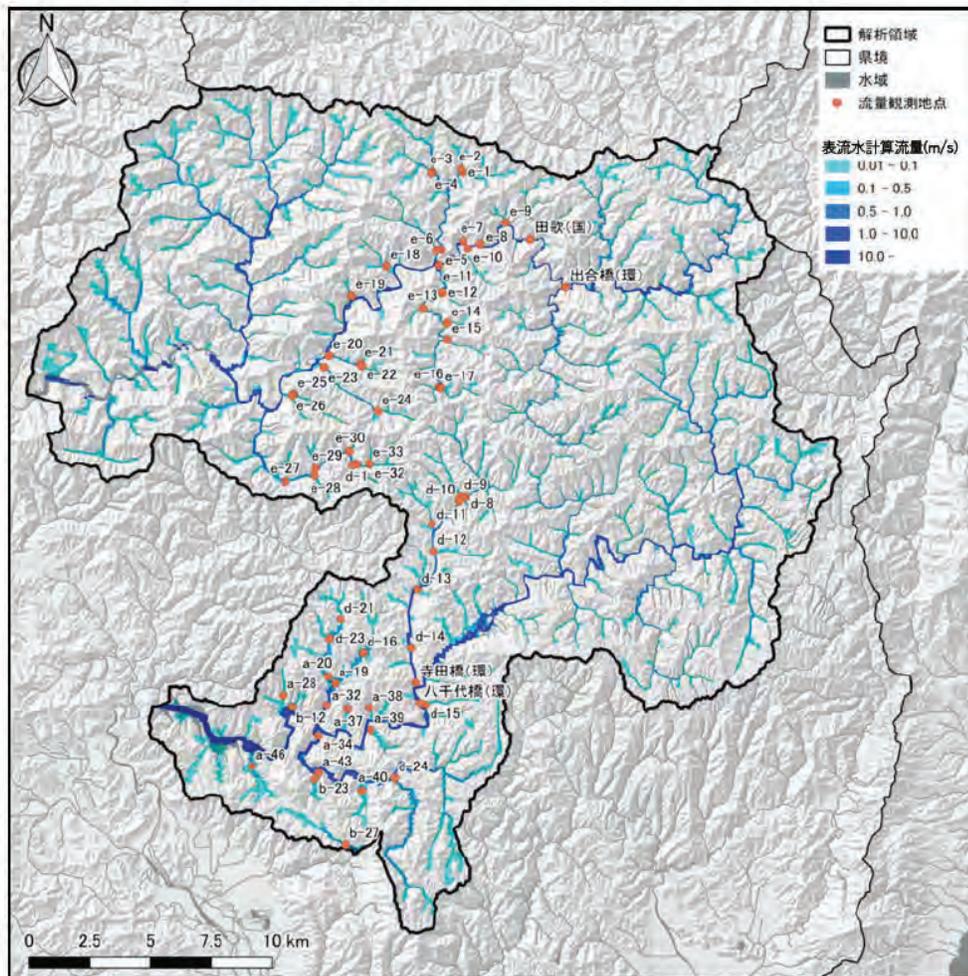


図 3.2.7 計算流量とその他の河川流量観測地点位置図

出典 : 「数値標高モデル(国土交通省 国土地理院)」に解析結果他を追加して掲載

## (2) その他事象の検証

水循環解析モデルの再現性検証にあたっては、水循環解析モデルの妥当性を評価するうえで参考となる「降水量の水収支」についても確認した。

表 3.2.3 に一般的な降水量の水収支と計算値の比較を示す。水収支結果は、日本で一般的に言われている長期的な蒸発散量・直接流出量・地下浸透量の降水量に対する割合と概ね整合した。

なお、全域における河川流出量に対する浸出量（地下水から河川へ浸出する量）の割合を算出したところ、28%（水頭高にして、河川流出量 3.13mm に対し浸出量 0.88mm）を占める結果となった。

表 3.2.3 降水量の水収支の参考値と計算値の比較

一般的な降水量の水収支*		計算値（解析範囲全域）
降水量	: 1,800~2,000(mm/年)	
蒸発散量	: 600~700(mm/年) → 33%	蒸発散量 : 31%
直接流出量	: 800~1,000(mm/年) → 46%	直接流出量 : 49%
地下水流出量 (地下浸透量)	: 400(mm/年) → 21%	地下浸透量 : 20%

出典：「改訂 地下水ハンドブック（改訂 地下水ハンドブック編集委員会、1998）」より概算

## (3) モデルの再現性に対する評価

構築した水循環解析モデルと解析に必要な水理定数及びパラメータは、以下の点より、北陸新幹線の地下構造物（NATM トンネル）の施工中・施工後における地下水・表流水への最大影響を予測するうえで支障ないと判断した。

- ・「河川流量」、「降水量の水収支」に関する再現性は良好である。

### 3.2.4. 影響解析の予備的検討

#### (1) 影響解析対象ルート概要

環境影響評価方法書の手続きを受けて、現在現地調査等を進めているが、地下水に関する影響の傾向を把握するために、表 3.2.4 に示す考え方をもとに 2 ルート（図 3.2.8 及び図 3.2.9 参照）を設定した。

NATM トンネルの解析上のトンネルの高さ・幅については、一般の事例等に基づき設定した（図 3.2.10 参照）。

表 3.2.4 解析ルートの設定

区 間	解析ルート	西側ルート	東側ルート
京都北部 山岳区間	現地状況	・山地	
	構造・施工	・NATM トンネル（明かり区間無し）の最大影響を想定	

#### (2) 影響解析結果

水循環解析モデルによる 2 つのルートの影響解析結果を表 3.2.6～表 3.2.9 及び図 3.2.11 に、一覧を表 3.2.5 に示す。

表 3.2.5 影響解析結果一覧

区 間	影響解析結果												
京都北部 山岳区間	<ul style="list-style-type: none"> <li>下表に示すとおり、影響解析による西側ルートのトンネルの比湧水量は <math>0.31\text{m}^3/\text{min}/\text{km}</math>、東側ルートのトンネルの比湧水量は <math>0.27\text{m}^3/\text{min}/\text{km}</math> と、既往トンネルの地質別、トンネル土被り別の実績（<math>0.2\sim 1.0\text{m}^3/\text{min}/\text{km}</math>）に比してやや小さいものの概ね一致し、妥当な結果と評価できる。</li> </ul> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>ルート</th> <th>恒常湧水量 (<math>\text{m}^3/\text{min}</math>)</th> <th>ルート距離 (km)</th> <th>比湧水量 (<math>\text{m}^3/\text{min}/\text{km}</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>西側ルート</td> <td>6.404</td> <td>21.0</td> <td>0.305</td> </tr> <tr> <td>東側ルート</td> <td>6.384</td> <td>23.7</td> <td>0.269</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>西側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で 5m 以上（最大 51.8m）の地下水位低下が発生するものの、0.5m 以上の水位低下範囲はルートを中心に片幅 3km 程度に留まる。河川流量については、由良川で <math>0.05\text{m}^3/\text{s}</math> を超える流量減少が生じるものの、顕著な流量減少が発生する地点は無い。</li> <li>東側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で 5m 以上（最大 52.1m）の地下水位低下が発生するものの、0.5m 以上の水位低下範囲はルートを中心に片幅 3km 程度に留まる。河川流量については、由良川で <math>0.05\text{m}^3/\text{s}</math> を超える流量減少が生じるものの、顕著な流量減少が発生する地点は無い。</li> </ul>	ルート	恒常湧水量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	ルート距離 (km)	比湧水量 ( $\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ )	西側ルート	6.404	21.0	0.305	東側ルート	6.384	23.7	0.269
	ルート	恒常湧水量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	ルート距離 (km)	比湧水量 ( $\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ )									
西側ルート	6.404	21.0	0.305										
東側ルート	6.384	23.7	0.269										

### (3) 解析結果に対する留意点

京都北部山岳区間の水循環解析モデルによる影響解析結果は、観測流量の再現結果等から、北陸新幹線の施工に伴う地下水位低下及び河川流量減少の傾向を概ね適切に予測できたと言える。

しかし、その予測については、以下のような課題が残っている。

- 水循環解析モデルに設定した地質モデルは、地質踏査結果に基づく表層地質分布を鉛直下方に適用している点（モデル特性に関する課題）
- 局所的な断層破碎帯等の高透水部の扱いを岩相の違いで表現している点（モデル特性に関する課題）

解析範囲より西に位置するが、丹波層群を南北に通過する新瑞穂トンネルでは、衝上断層である本庄スラストを通過する際、2,000L/minを超える突発湧水が発生している。また、同じ丹波層群の例を挙げれば、北陸新幹線（金沢・敦賀間）の新北陸トンネルでは、トンネル恒常湧水量の比湧水量は $1.0\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ に及んでいる。

これらの実績を踏まえれば、八丁アンチフォームなど、ルート内に局所的な断層・リニアメントが出現する可能性があることに留意が必要と考えられる。

以上を踏まえ、今後の工事計画段階においては、より正確な工事影響の予測を行うことが望まれる。

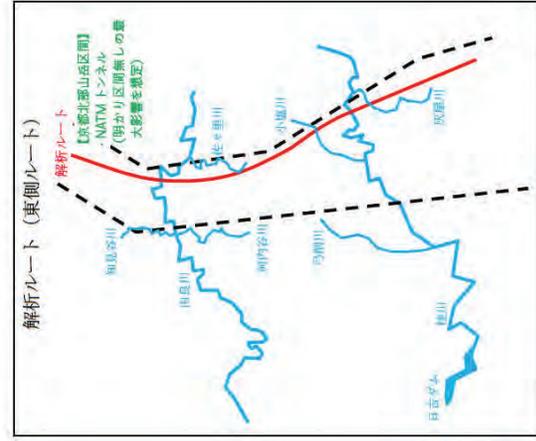
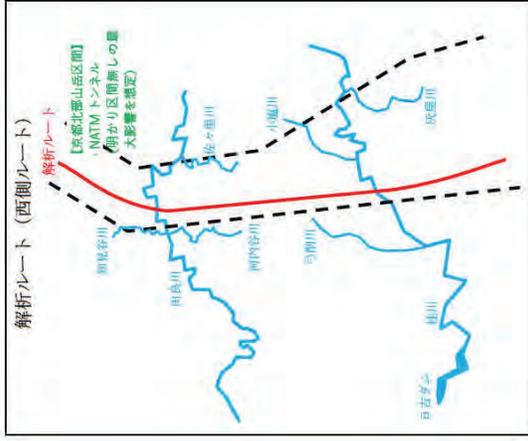


図 3.2.8 影響解析で対象とする解析ルート2案

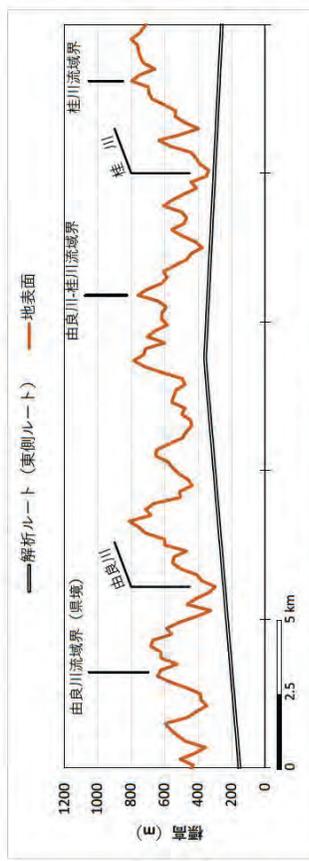
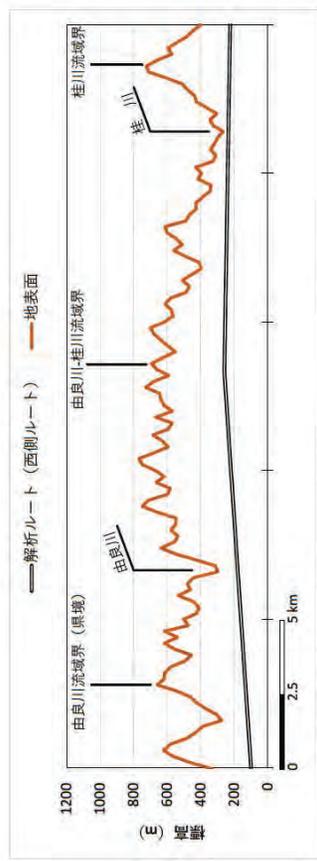


図 3.2.9 解析範囲における解析ルート4案の縦断線形

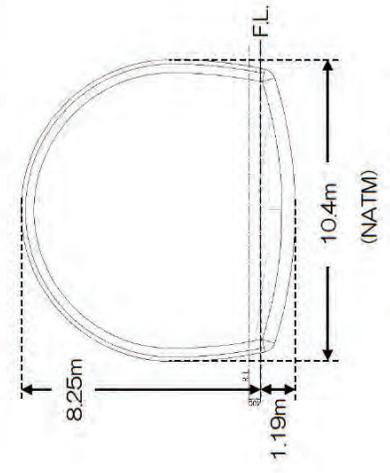
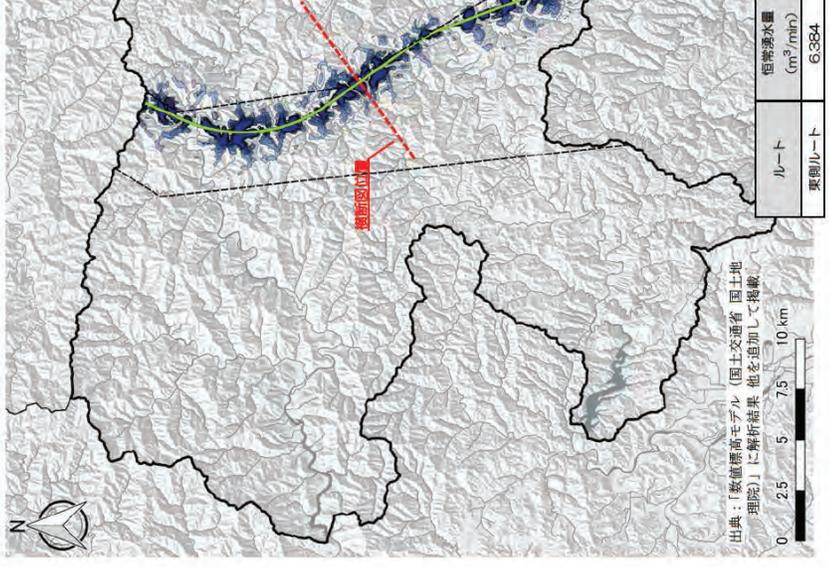
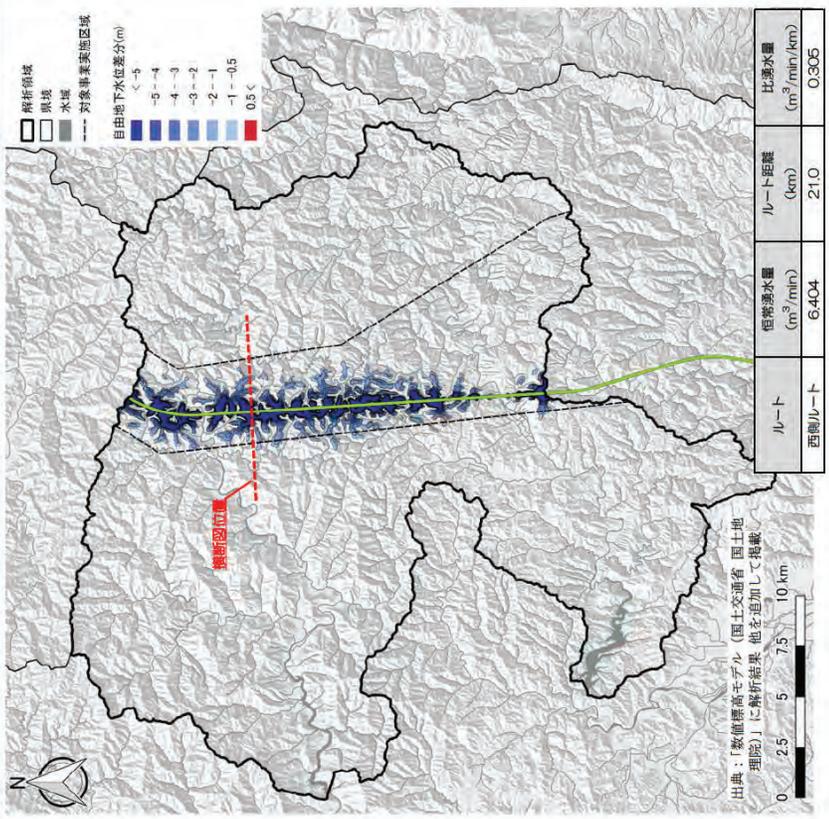


図 3.2.10 トンネル標準断面

表 3.2.6 影響解析結果 (地下水位)

予測対象 ルート	西側ルート	東側ルート																		
全域図	 <table border="1" data-bbox="1071 1008 1153 1470"> <tr> <td>ルート</td> <td>西側ルート</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>恒常湧水量 (m<sup>3</sup>/min)</td> <td>6,404</td> <td></td> </tr> <tr> <td>比湧水量 (m<sup>3</sup>/min/km)</td> <td>0.305</td> <td></td> </tr> </table> <p>出典：「数値解析高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果、他を追加して掲載</p>	ルート	西側ルート	210	恒常湧水量 (m <sup>3</sup> /min)	6,404		比湧水量 (m <sup>3</sup> /min/km)	0.305		 <table border="1" data-bbox="1071 1848 1153 2100"> <tr> <td>ルート</td> <td>東側ルート</td> <td>23.7</td> </tr> <tr> <td>恒常湧水量 (m<sup>3</sup>/min)</td> <td>6,384</td> <td></td> </tr> <tr> <td>比湧水量 (m<sup>3</sup>/min/km)</td> <td>0.269</td> <td></td> </tr> </table> <p>出典：「数値解析高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果、他を追加して掲載</p>	ルート	東側ルート	23.7	恒常湧水量 (m <sup>3</sup> /min)	6,384		比湧水量 (m <sup>3</sup> /min/km)	0.269	
ルート	西側ルート	210																		
恒常湧水量 (m <sup>3</sup> /min)	6,404																			
比湧水量 (m <sup>3</sup> /min/km)	0.305																			
ルート	東側ルート	23.7																		
恒常湧水量 (m <sup>3</sup> /min)	6,384																			
比湧水量 (m <sup>3</sup> /min/km)	0.269																			
NATM トンネル区間	<p>京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。尾根部で 5m 以上（最大 51.8m）低下するところもあるが、0.5m 以上の水位低下範囲はルートを中心に片幅 3km 程度に留まる。</p> <p>西側ルートのトンネルの比湧水量は 0.31m<sup>3</sup>/min/km と、図 3.2.12 に示す既往トンネルの地質別、トンネル土被り別の実績（0.2~1.0m<sup>3</sup>/min/km 前後）に比してやや小さいものの概ね一致している。</p>	<p>京都北部山岳区間（東側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。尾根部で 5m 以上（最大 52.1m）低下するところもあるが、0.5m 以上の水位低下範囲はルートを中心に片幅 3km 程度に留まる。</p> <p>東側ルートのトンネルの比湧水量は 0.27m<sup>3</sup>/min/km と、図 3.2.12 に示す既往トンネルの地質別、トンネル土被り別の実績（0.2~1.0m<sup>3</sup>/min/km 前後）に比してやや小さいものの概ね一致している。</p>																		

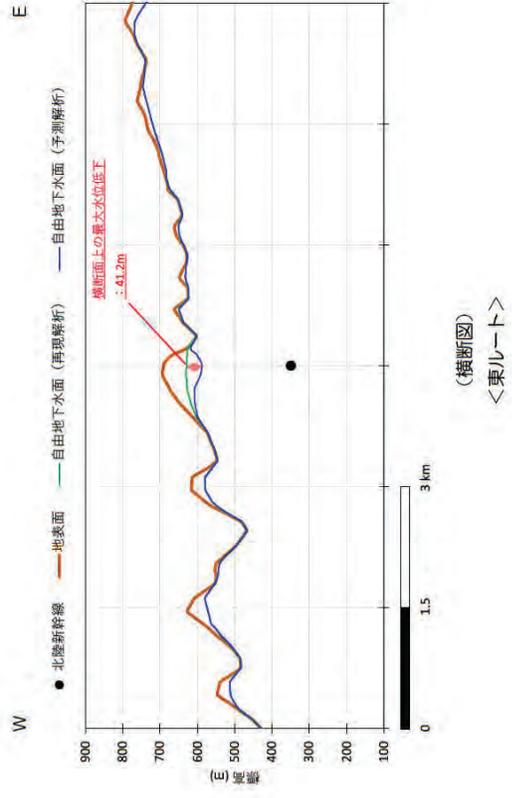
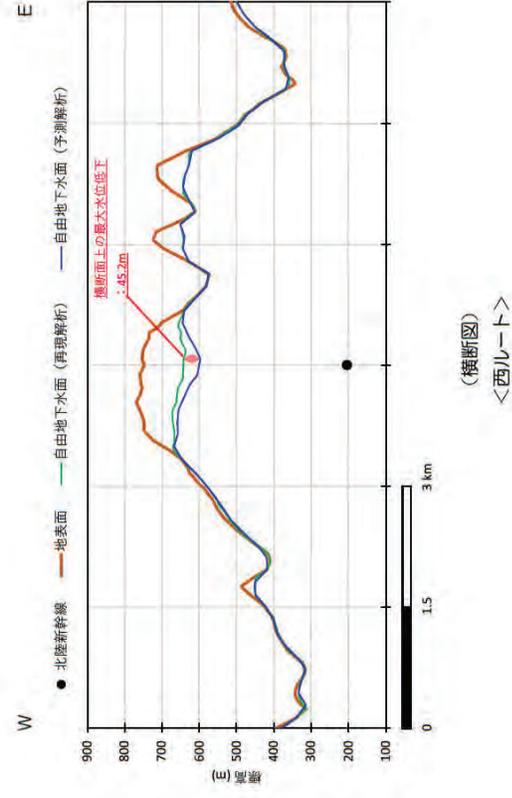
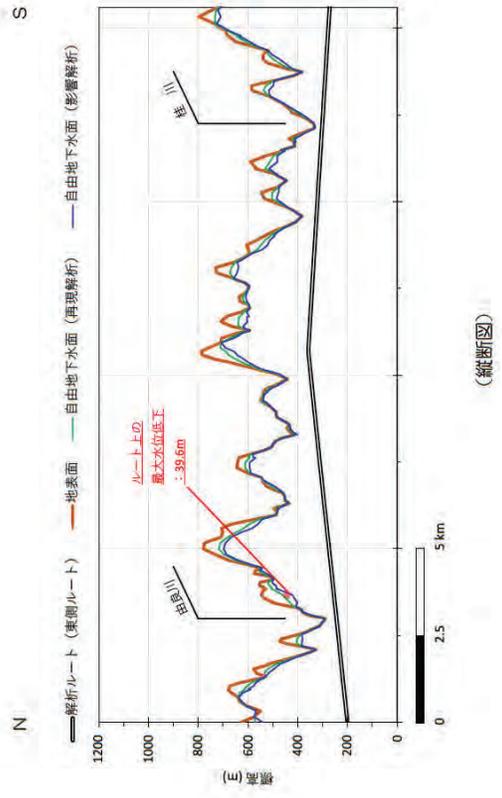
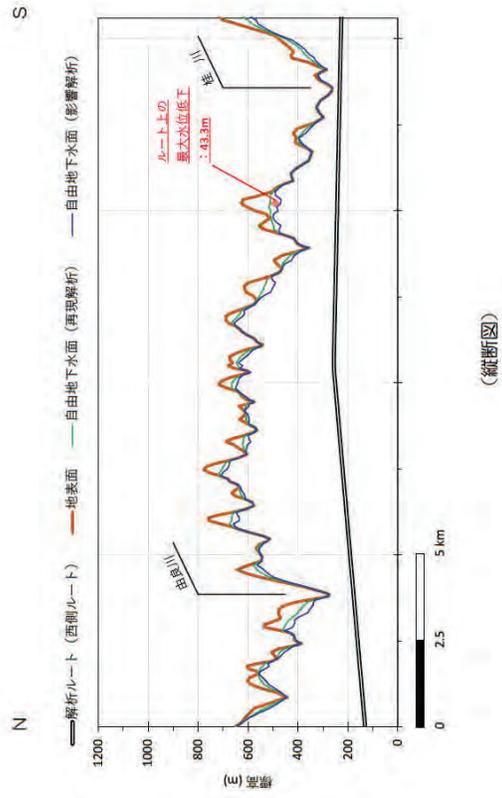
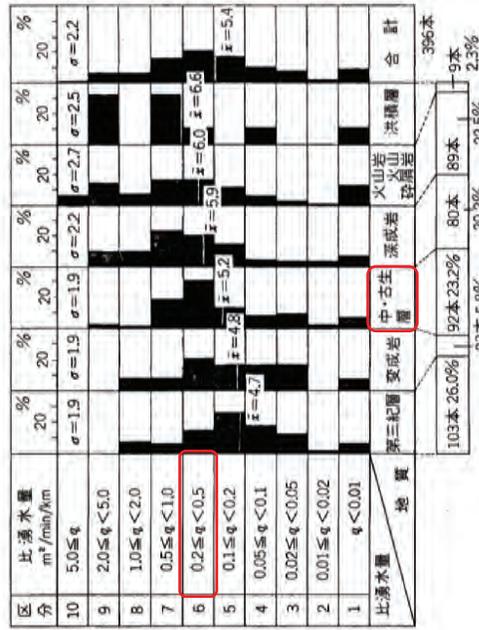
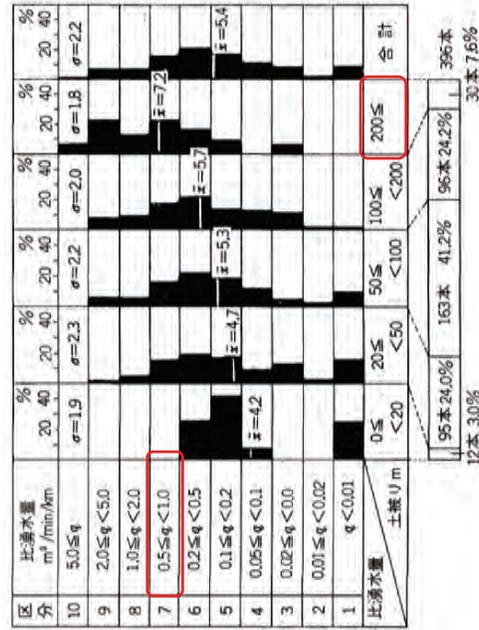


図 3.2.11 影響解析結果 (トンネル縦・横断の自由地下水水面分布)



＜地質と比湧水量の関係＞

注) 図中の x (平均), σ (標準偏差) はおのおのの比湧水量区分を数値として扱い、求めたもの。



＜トンネル土被りと比湧水量の関係＞

注) 図中の x (平均), σ (標準偏差) はおのおのの比湧水量区分を数値として扱い、求めたもの。

図 3.2.12 旧国鉄の延長 700m を超えるトンネルの恒常湧水量

出典：「鉄道トンネルの湧水量実態調査（大島洋志ほか、1987、トンネルと地下 第18巻1号）」に一部加筆

表 3.2.7 影響解析結果（河川流量／地点別減少率）

地点番号	河川名・地点名	現況	計算流量 (m³/s)		東ルート	
			西ルート	予測	減少率(%)	予測
R-01	知見谷川左岸無名沢	0.1601	0.1518	0.1598	5.19	0.19
R-02	知見谷川	0.9872	0.9771	0.9867	1.03	0.05
R-03	由良川右岸無名沢1	0.0218	0.0212	0.0218	2.47	0.15
R-04	由良川右岸無名沢2	0.0118	0.0107	0.0118	9.23	0.24
R-05	由良川右岸無名沢3	0.0708	0.0648	0.0705	8.42	0.42
R-06	五波谷川中流	0.0960	0.0952	0.0911	0.91	5.10
R-07	五波谷川	0.2525	0.2513	0.2411	0.49	4.53
R-08	河内谷川右岸無名沢4	0.0311	0.0307	0.0310	1.31	0.21
R-09	河内谷川右岸無名沢1	0.0574	0.0559	0.0572	2.51	0.25
R-10	河内谷川右岸無名沢2	0.0803	0.0775	0.0801	3.47	0.18
R-11	河内谷川右岸無名沢3	0.0917	0.0899	0.0916	1.97	0.07
R-12	佐々里川左岸無名沢1	0.1531	0.1470	0.1448	4.01	5.43
R-13	佐々里川左岸無名沢2	0.1343	0.1245	0.1324	7.35	1.45
R-14	由良川左岸無名沢1	0.0866	0.0799	0.0857	7.76	1.01
R-15	弓削川左岸無名沢1	0.0849	0.0789	0.0848	7.05	0.09
R-16	桂川(大瀬川)右岸無名沢1	0.0410	0.0391	0.0410	4.65	0.00
R-21	小堀川	0.4589	0.4558	0.4513	0.67	1.66
R-22	灰瀬川(上流)	0.4440	0.4440	0.4232	0.00	4.68
R-26	簡江川	0.0197	0.0194	0.0197	1.69	0.00
R-27	初川谷川	0.0652	0.0624	0.0652	4.36	0.01
R-28	カヤン谷川	0.0131	0.0121	0.0131	7.59	0.10
R-29	八丁川	0.4626	0.4520	0.4475	2.29	3.26
R-30	衣笠谷川	0.0373	0.0372	0.0365	0.18	2.07
R-31	中食谷川	0.1014	0.1013	0.0981	0.01	3.22
R-32	小野内谷川	0.0920	0.0892	0.0920	3.08	0.01
R-33	祖父谷川左岸無名沢	0.0462	0.0460	0.0462	0.35	0.02
R-34	灰瀬川(中流)	0.6089	0.6089	0.5832	0.00	4.22
R-35	千谷川	0.0561	0.0536	0.0561	4.49	0.01
R-36	八丁川	0.3673	0.3573	0.3564	2.73	2.95
R-37	上桂川本流	5.7451	5.7260	5.6969	0.33	0.84

表 3.2.8 影響解析結果（河川流量／減少量分布）

予別対象 ルート	西側ルート	東側ルート
<p>全図</p>		
<p>NATM トンネル区間</p>	<p>西ルートが流域の一部を通過する由良川水系知房谷川、河内谷川、河内谷川、河内谷川及び本川、桂川水系弓削川、小塩川及び本川のうち、佐々里川と佐々里川合流付近より下流の由良川、弓削川と西ルートより下流の桂川で流量減少が生じる。由良川本川では、流量減少が-0.05m<sup>3</sup>/sに及び区間もある</p> <p>但し、全ての流量観測地点のうち、現況流量の計算値に対し顕著な流量減少が発生した地点は無かった。（表 3.2.7 参照）</p>	<p>東ルートが流域を通過する由良川水系の佐々里川及び本川、桂川水系の小塩川、灰屋川及び本川のうち、佐々里川と佐々里川合流付近より下流の由良川、灰屋川と灰屋川合流付近より下流の桂川で流量減少が生じる。由良川本川では、流量減少が-0.05m<sup>3</sup>/sに及び区間もある</p> <p>但し、全ての流量観測地点のうち、現況流量の計算値に対し顕著な流量減少が発生した地点は無かった。（表 3.2.7 参照）</p>

表 3.2.9 保全対象と影響解析結果

予測対象 ルート	西側ルート	東側ルート
<p>全図</p>		
<p>NATM トンネル区間</p>	<p>西ルート 西ルートの施工に伴い流量減少が生じる佐々里川と佐々里川合流付近より下流の由良川、弓削川と西ルートより下流の桂川に、保全対象となる利水施設が位置する。</p>	<p>NATM トンネル区間</p> <p>東ルートの施工に伴い流量減少が生じる佐々里川と佐々里川合流付近より下流の由良川、灰屋川と東ルートより下流の桂川に、保全対象となる利水施設が位置する。</p>

### 3.3. まとめ

前述までの検討結果に基づき、京都北部山岳区間を対象とした水循環解析に係る技術的助言を、以下のとおり総括する。

#### 3.3.1. 影響予測の手法について

トンネル（山岳部）の施工が想定される京都北部山岳区間の地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価に際し、影響予測の手法として水循環解析を採用したことは、複数の解析ルートについて地下水及び表流水（河川水）への定量的な影響予測が求められた本検討に対して最適な手法と考えられる。

#### 3.3.2. 水循環解析の再現性について

気象、土地利用、利水（地下水揚水、河川取水）、地下構造物、地形・地質（水理地質）に係る既往調査・文献及び統計資料をもとに構築した水循環解析モデルの再現性については、解析範囲内の河川流量のみならず、既設トンネルのトンネル湧水量、解析範囲全体の水収支と、様々な観点から検証されており、かつ、各々の実測値・実績値・一般値に対し、計算値は概ね一致する。

よって、構築した水循環解析モデルは現況の地下水及び河川流況を適切に再現しており、北陸新幹線で施工する地下構造物が施工中・施工後の地下水・表流水に及ぼす影響を予測するうえで十分なものと考えられる。なお、解析結果を分析する際に 3.3.5 に掲げる留意点を考慮する必要がある。

#### 3.3.3. 水循環解析による影響解析結果について

構築した水循環解析モデルを用い、京都北部山岳区間においては 2 つの解析ルート（図 3.3.1 及び表 3.3.2 参照）を対象とした施工中・施工後の影響解析を行った。影響解析結果より、北陸新幹線で施工する地下構造物が地下水・表流水に及ぼす影響は、表 3.3.1 のとおりまとめられる。

表 3.3.1 影響解析結果（総括）

区 間	影響解析結果
京都北部山岳区間	<ul style="list-style-type: none"><li>・本解析によれば、施工中・後ともに、西側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより桂川水系及び由良川水系の河川で流量減少が生じる区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。</li><li>・本解析によれば、施工中・後ともに、東側ルートの NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより桂川水系及び由良川水系の河川で流量減少が生じる区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。</li></ul>

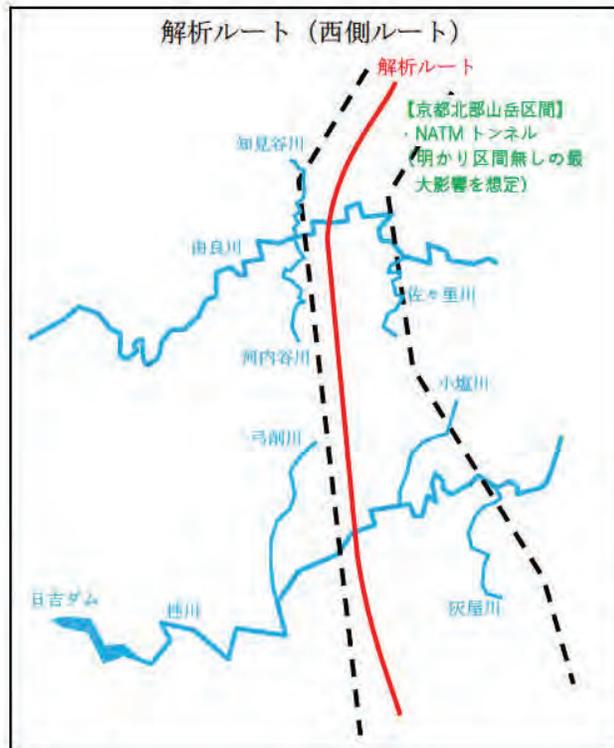
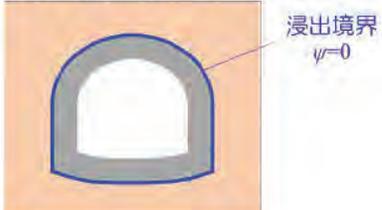


図 3.3.1 影響解析で対象とした解析ルート案2案  
（京都北部山岳区間）

表 3.3.2 影響解析における施工中・後及び工法ごとの地下構造物の取り扱い

地下水影響	区間(工法)	施工中	施工後
地下水位低下	NATMトンネル	<p>予測条件：全区間に NATM トンネルが存在した状態。                      解析設定：NATM トンネルに接する計算要素の面を浸出境界（飽和時の節点は大気圧開放状態（圧力水頭 <math>\phi=0</math>））に設定。</p> 	

### 3.3.4. 地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価について

表 3.3.1 にまとめた影響解析結果に基づき、京都北部山岳区間の地下水等への影響、影響の回避又は低減について評価すると、表 3.3.3 のとおりまとめられる。

表 3.3.3 京都北部山岳区間の地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価

区 間	地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価
京都北部山岳区間	<p>・本解析によれば、施工中・後、ルート of 東・西いずれにおいても、NATM トンネル区間周辺の水系で地下水位低下に伴う <math>0.05\text{m}^3/\text{s}</math> 程度の流量減少が生じる結果となった。顕著な流量減少は予測されなかったものの、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。</p>

### 3.3.5. 解析結果に対する留意点について

本委員会で得られた検討結果は、以下のことを踏まえて本事業に資することが望まれる。特に構築した水循環解析モデルは、再現解析において実測値・実績値・一般値を概ね再現したものの、下記に示す項目に留意する必要がある。また、水理定数の設定等も含め、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。

#### (再現解析)

- ・水循環解析モデルに設定した地質モデルは、局所的な断層破碎帯等の高透水部の扱いを岩相の違いで表現していること
- ・地質踏査結果に基づく表層地質分布を水理地質に反映し、鉛直下方に適用していること

#### (影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・丹波層群における既設トンネル（新瑞穂トンネル、新北陸トンネル等）の実績を踏まえれば、八丁アンチフォームなど、ルート内に局所的な断層・リニアメントが出現する可能性があること

#### 4. 解析結果に対する留意点について

本委員会で得られた検討結果は、以下のことを踏まえて本事業に資することが望まれる。特に構築した水循環解析モデルは、再現解析において実測値・実績値・一般値を概ね再現したものの、下記に示す項目に留意する必要がある。また、水理定数の設定等も含め、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。

##### ■京都市及びその周辺域

(再現解析)

- ・地下水位の実測値に対し、計算値がやや高い傾向があること
- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がること<sup>※1</sup>

※1：当該工事区間の広域的な水理地質、統計情報の区分地区ごとの地下水揚水等の実態を反映し、水循環解析モデルに適用したためと考えられる。

- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲は小さい傾向があること<sup>※2</sup>

※2：施工中は比較対象である施工前に比べ降水量が少なかったが水循環解析では過去十年の平均雨量で解析していること、施工中に実施されたディープウェルを、解析では一定の推定に基づき本数、間隔等を設定していることが主な要因と推定される。

- ・宇治川の3つの流量観測所（淀、向島、宇治）の計算流量が観測流量より100～120m<sup>3</sup>/s程度少ない傾向があること<sup>※3</sup>

※3：このために、宇治川上流端の既知河川流量境界には、境界値を増やした場合の地下水位への影響を確認した上で、天ヶ瀬ダムの放流量に100m<sup>3</sup>/sを加味したものを設定している。

(影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること

##### ■京都北部山岳区間

(再現解析)

- ・水循環解析モデルに設定した地質モデルは、局所的な断層破碎帯等の高透水部の扱いを岩相の違いで表現していること
- ・地質踏査結果に基づく表層地質分布を水理地質に反映し、鉛直下方に適用していること

(影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・丹波層群における既設トンネル（新瑞穂トンネル、新北陸トンネル等）の実績を踏まえれば、八丁アンチフォームなど、ルート内に局所的な断層・リニアメントが出現する可能性があること

##### ■地下水質に関する留意点について

地下構造物の施工が地下水質に与える影響については、施工にあたっては適切な施工

管理（シールドマシンの圧力管理等）と、必要に応じて地下水質のモニタリングについて検討することが重要と考えられる。

**【I 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討 参考資料】**

## 1. 地下水位変動状況

### a) 観測地点

表 1-1 地下水観測所（国土交通省）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」

観測所名	観測所諸元			地下水位(E.L.m)	
	地盤高 (E.L.m)	管頭高 (E.L.m)	ストレート深度 (Dep.-m)	10年平均 (2010~2019)	Ma9層より 浅・深
下鴨	69.22	70.21	3.6~15.1	62.99	浅
御所	45.64	46.64	3.6~15.1	38.49	浅
日吉	73.49	74.17	0.0~16.1	65.43	浅
東寺	27.21	28.21	53.3~65.3	21.23	浅
桂	23.25	24.22	4.0~15.0	17.77	浅
上鳥羽	16.87	17.88	45.7~57.7	12.00	浅
下鳥羽	13.42	14.41	37.2~49.2	8.94	浅
上植野	15.87	16.83	6.9~11.9	11.72	浅
長岡京	25.69	26.72	40.2~50.2	13.11	深
醍醐	27.10	28.09	8.2~12.2	22.58	浅
桃山	12.51	13.14	0.0~3.4	<u>10.63</u>	浅
巨椋池	10.30	11.33	10.3~36.3	6.85	浅
淀	13.12	14.12	6.2~15.2	5.73	浅
東一口	12.21	13.21	37.2~50.2	5.85	浅
小倉	10.63	11.61	5.9~11.2	6.90	浅
久御山	12.96	13.73	10.7~28.2	6.97	浅
八幡南	14.60	15.61	10.7~29.7	7.29	浅
岩田	15.33	16.34	32.7~47.7	10.84	浅
草内(深層)	26.00	27.04	16.1~58.1	24.03	浅
草内(浅層)	24.45	25.44	5.0~10.0	23.75	浅
御幸橋	16.87	17.90	22.0~30.0	5.08	浅
大山崎	14.26	15.28	15.5~21.0	4.40	浅
八幡	15.08	16.12	52.0~65.0	4.71	深

※桃山は、2000~2009年の平均



b) 各観測地点の状況

【下鴨】

下鴨観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-2 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E.L. +62.99m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-3 に示すとおりである。

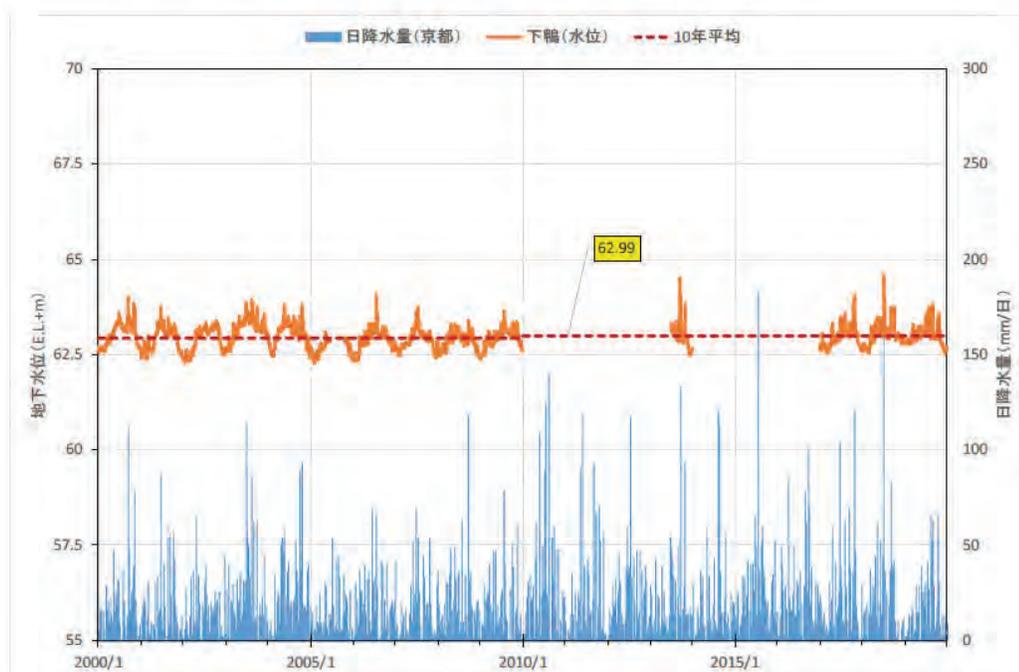


図 1-2 地下水位観測結果（下鴨）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

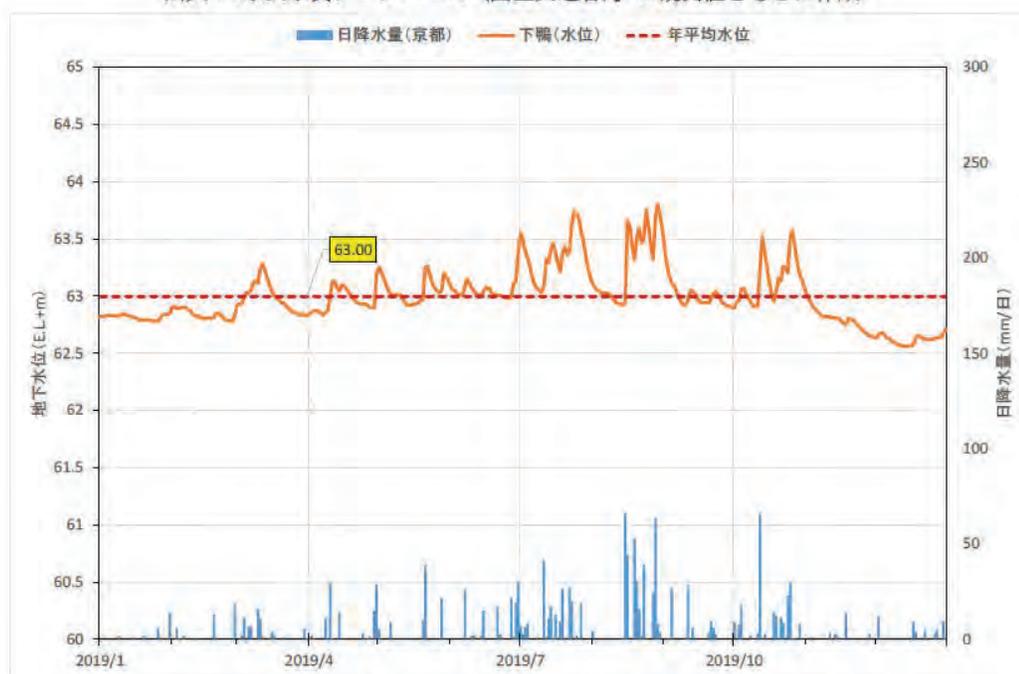


図 1-3 地下水位観測結果（下鴨：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【御 所】

御所観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-4 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +38.49m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-5 に示すとおりである。

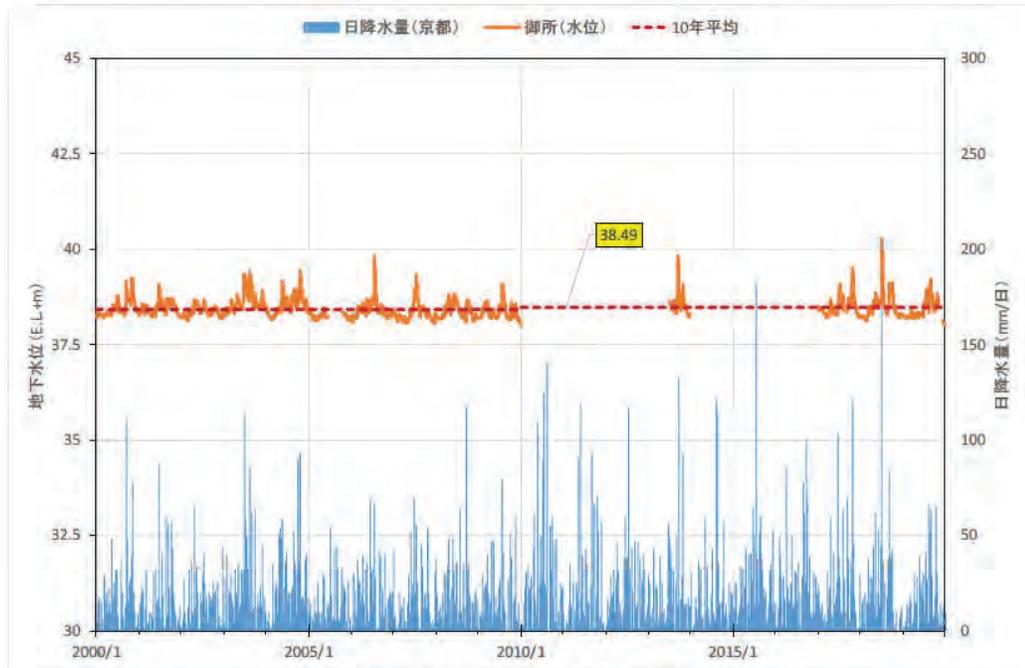


図 1-4 地下水位観測結果（御所）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

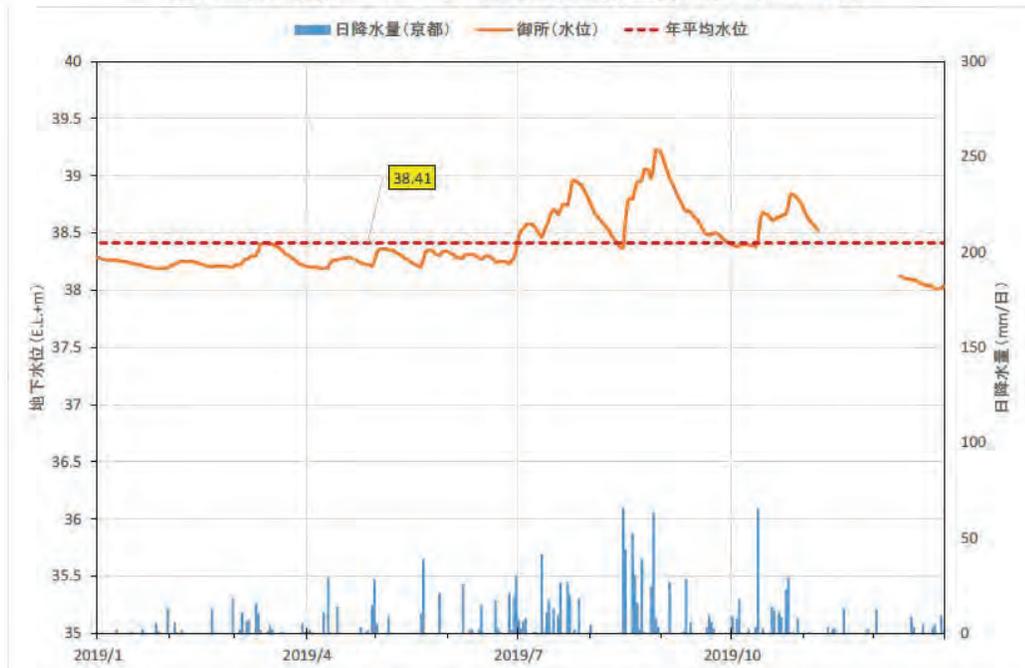


図 1-5 地下水位観測結果（御所：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 【日吉】

日吉観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-6 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E.L. +65.43m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-7 に示すとおりである。

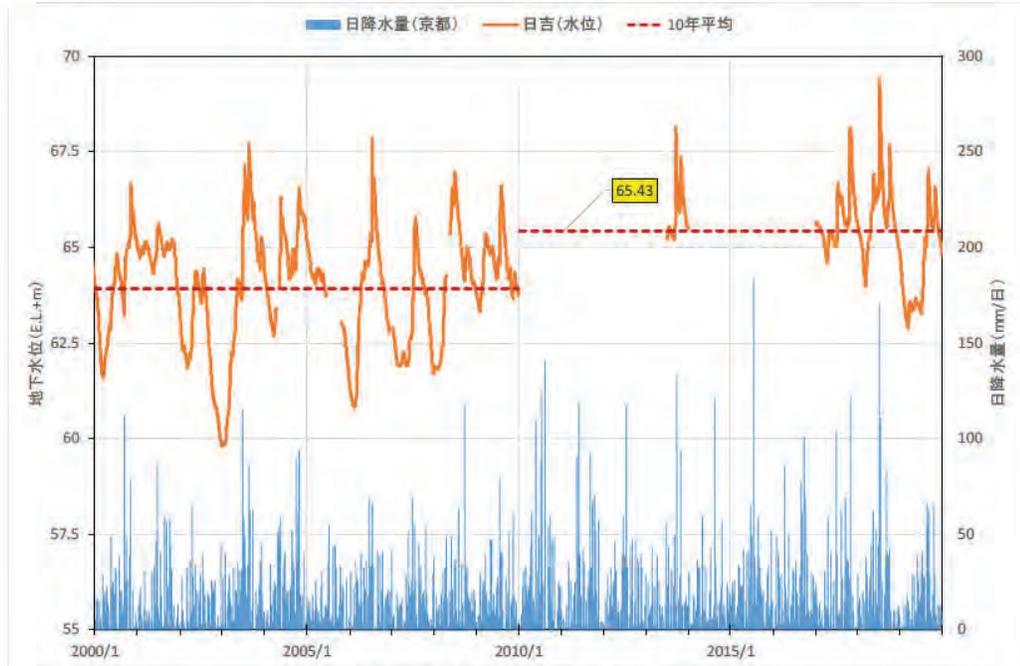


図 1-6 地下水位観測結果（日吉）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

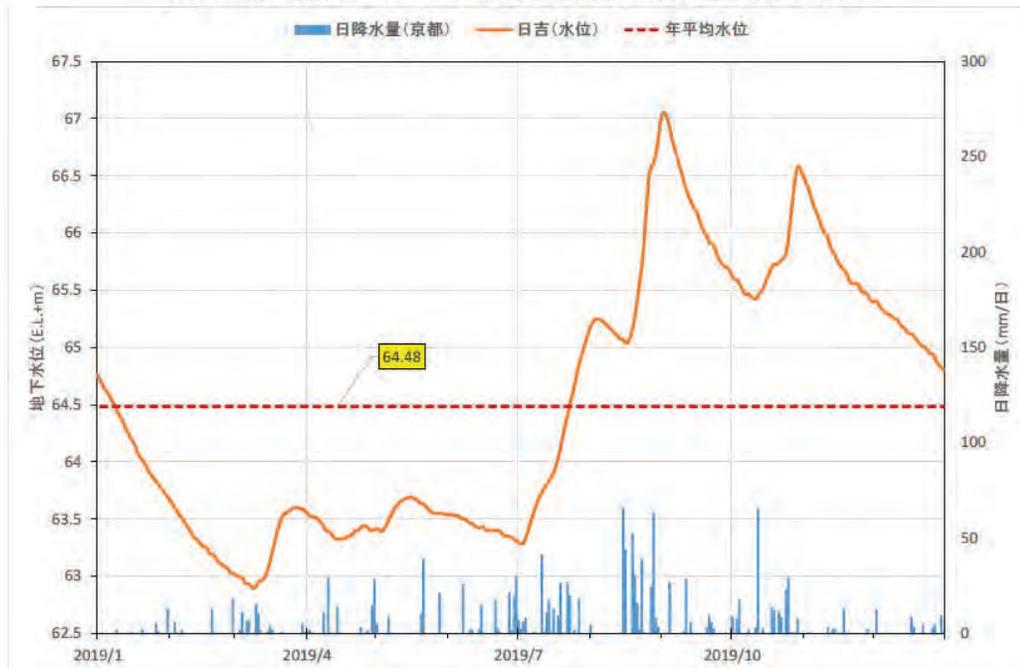


図 1-7 地下水位観測結果（日吉：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

**【東寺】**

東寺観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-8 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E.L. +21.23m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-9 に示すとおりである。

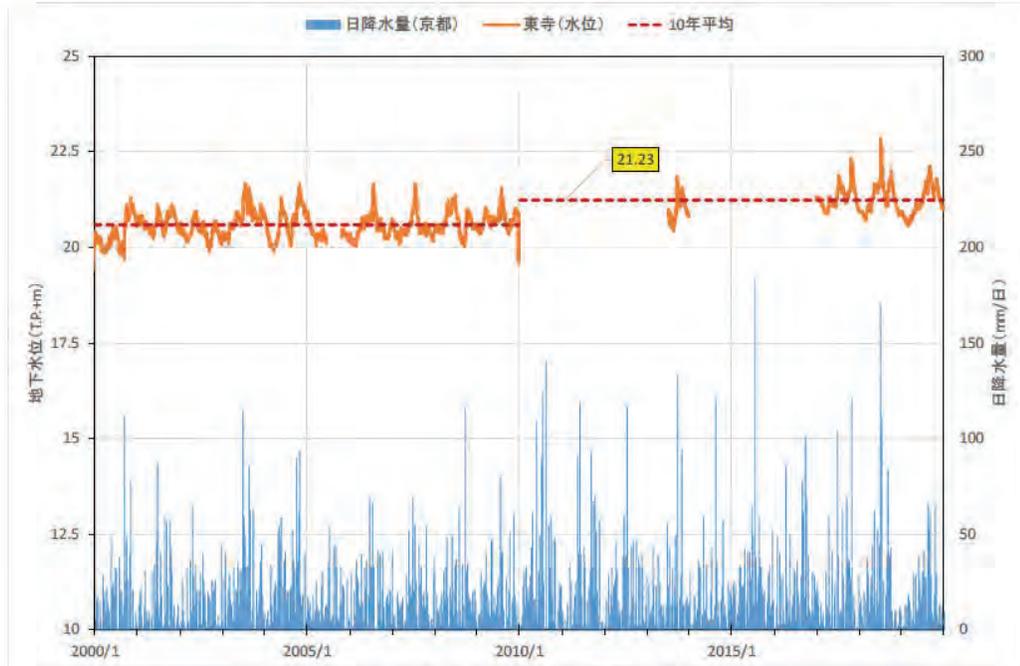


図 1-8 地下水位観測結果（東寺）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

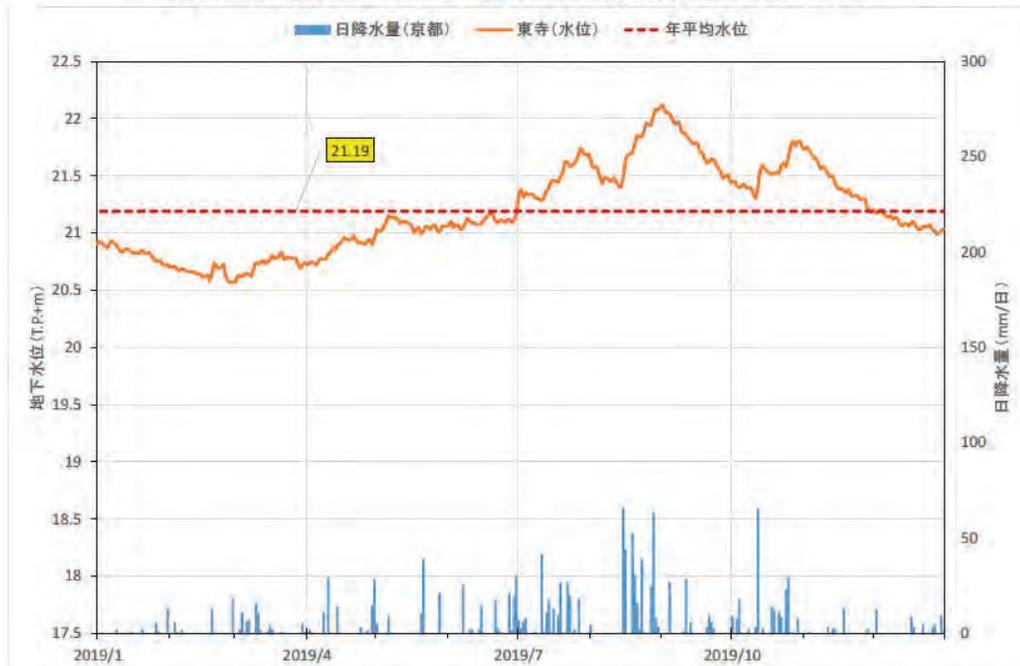


図 1-9 地下水位観測結果（東寺：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【桂】

桂観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-10に示す。過去10年間の平均水位は、E.L. +17.77mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-11に示すとおりである。

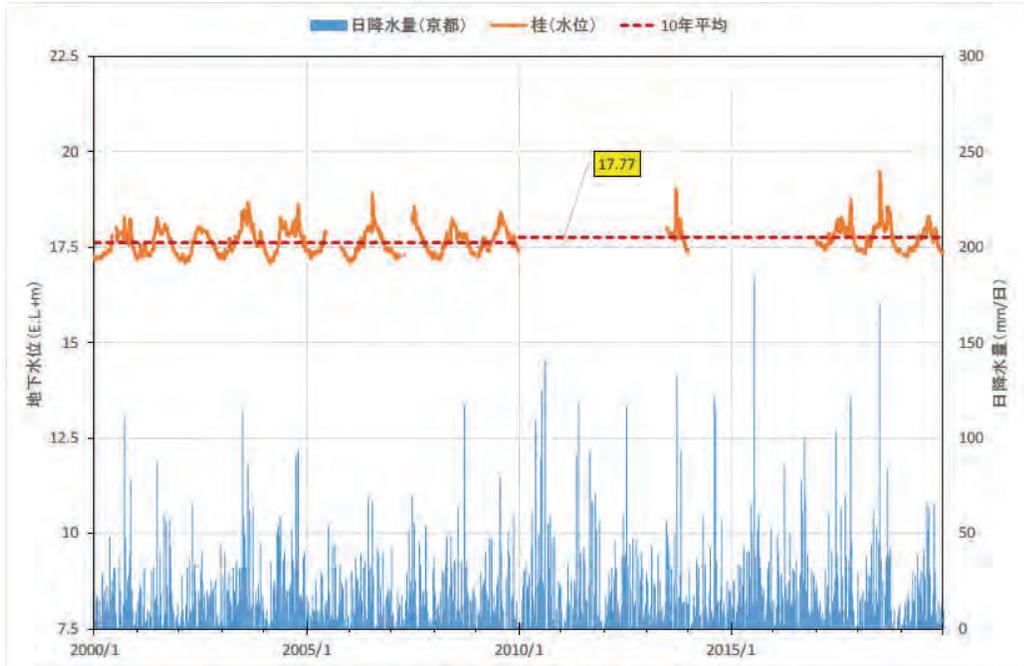


図 1-10 地下水位観測結果（桂）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

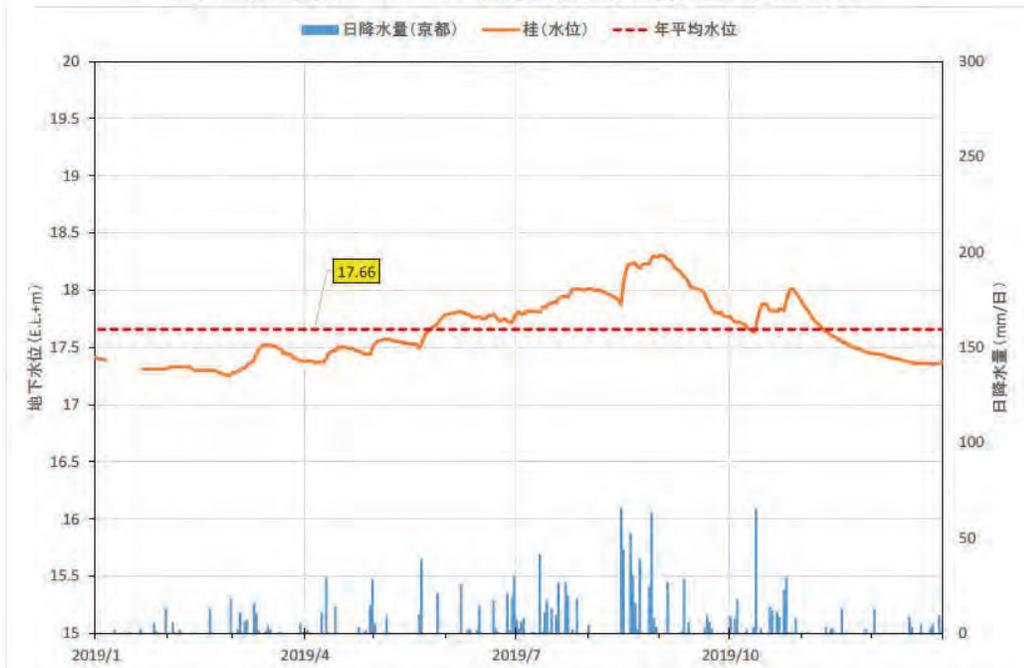


図 1-11 地下水位観測結果（桂：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【上鳥羽】

上鳥羽観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-12 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E.L. +12.00m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-13 に示すとおりである。



図 1-12 地下水位観測結果（上鳥羽）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

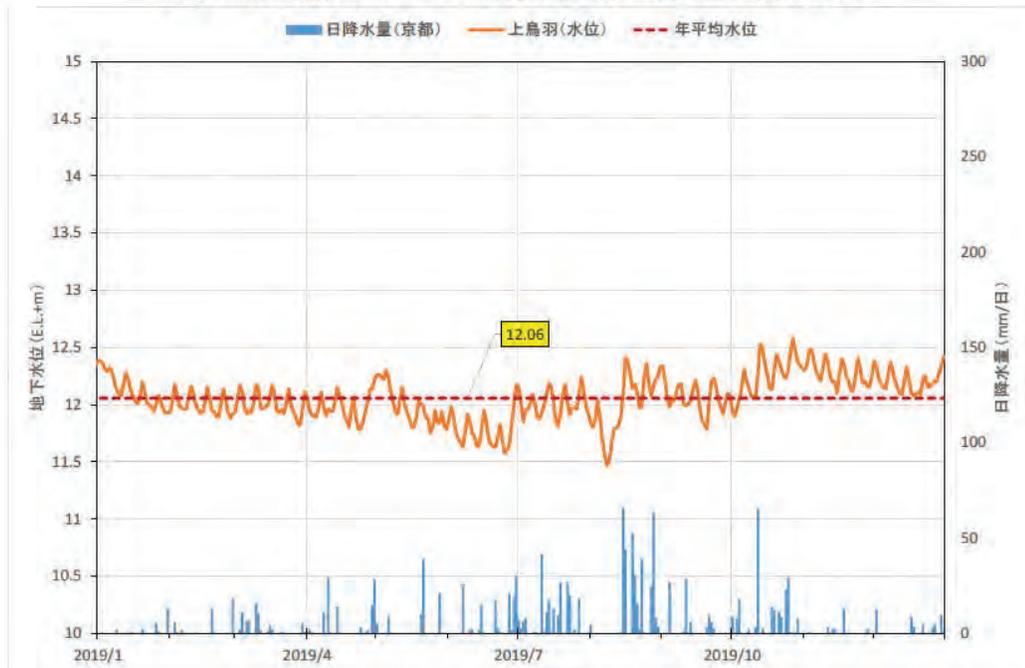


図 1-13 地下水位観測結果（上鳥羽：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【下鳥羽】

下鳥羽観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-14 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +8.94m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-15 に示すとおりである。

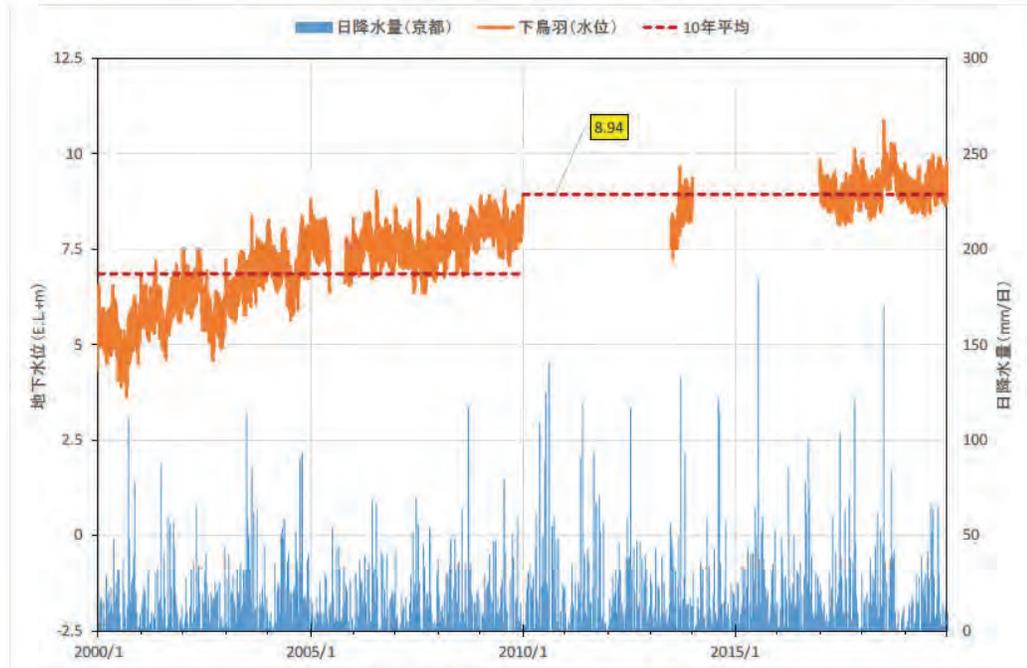


図 1-14 地下水位観測結果（下鳥羽）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

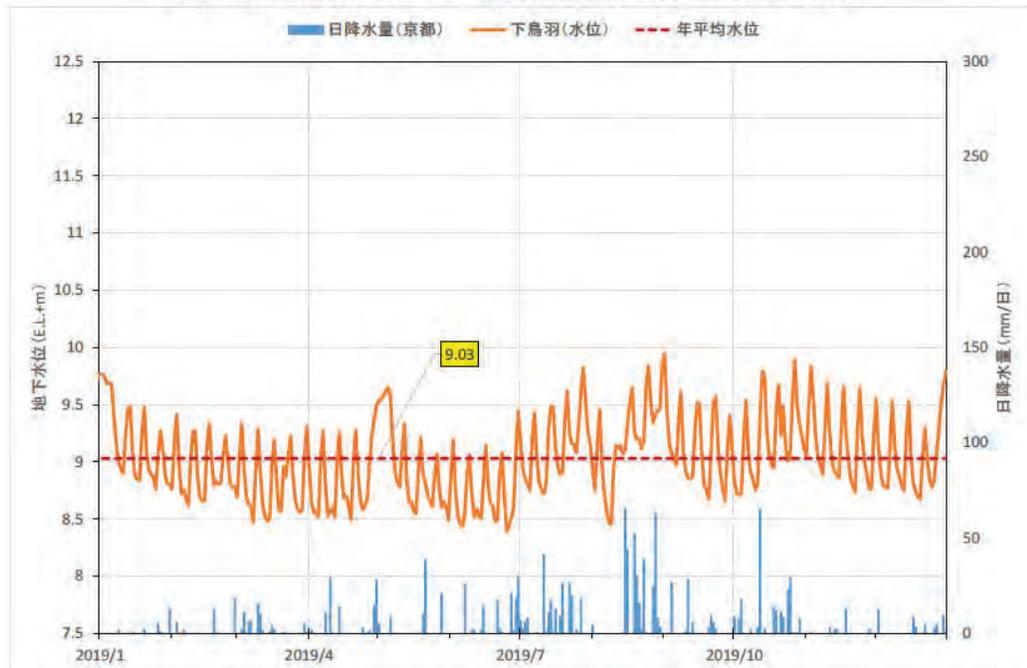


図 1-15 地下水位観測結果（下鳥羽：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【上植野】

上植野観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-16に示す。過去10年間の平均水位は、E.L. +11.72mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-17に示すとおりである。

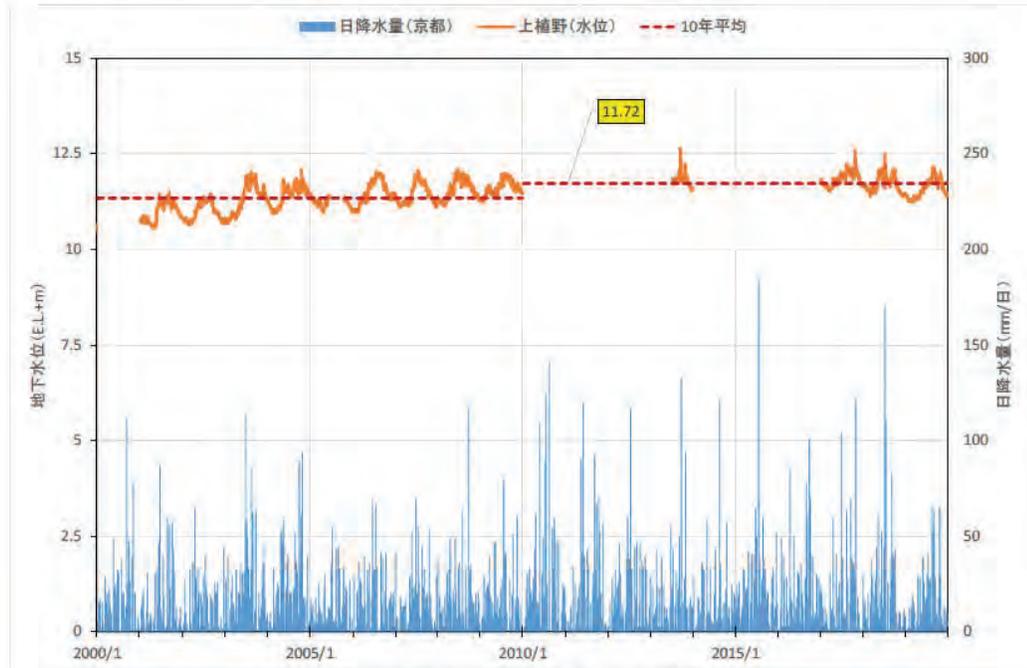


図 1-16 地下水位観測結果（上植野）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

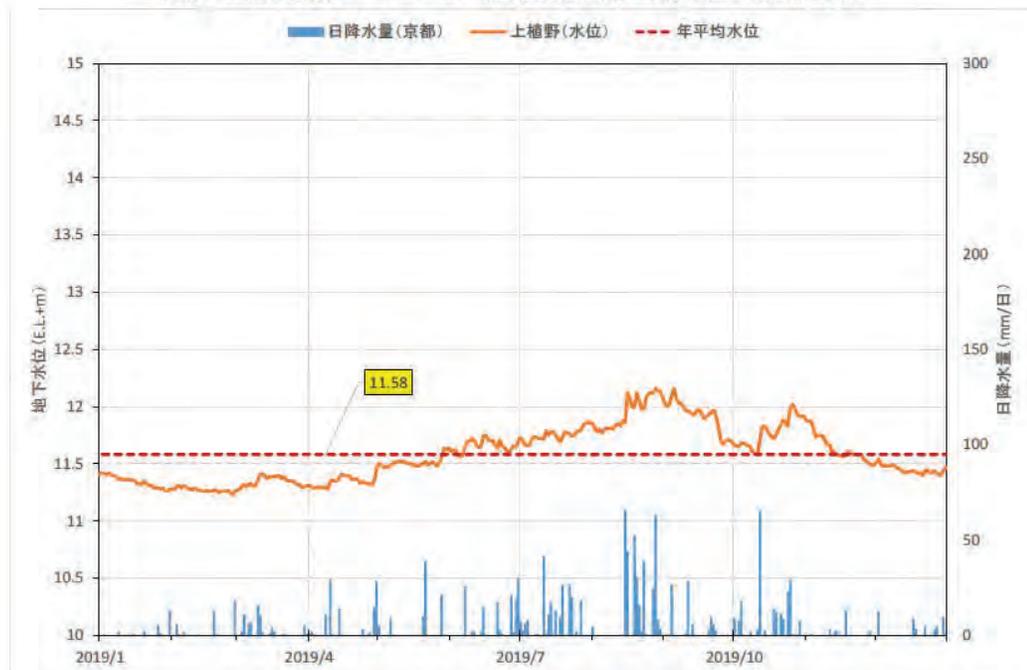


図 1-17 地下水位観測結果（上植野：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【長岡京】

長岡京観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-18 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E.L. +13.11m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-19 に示すとおりである。



図 1-18 地下水位観測結果（長岡京）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

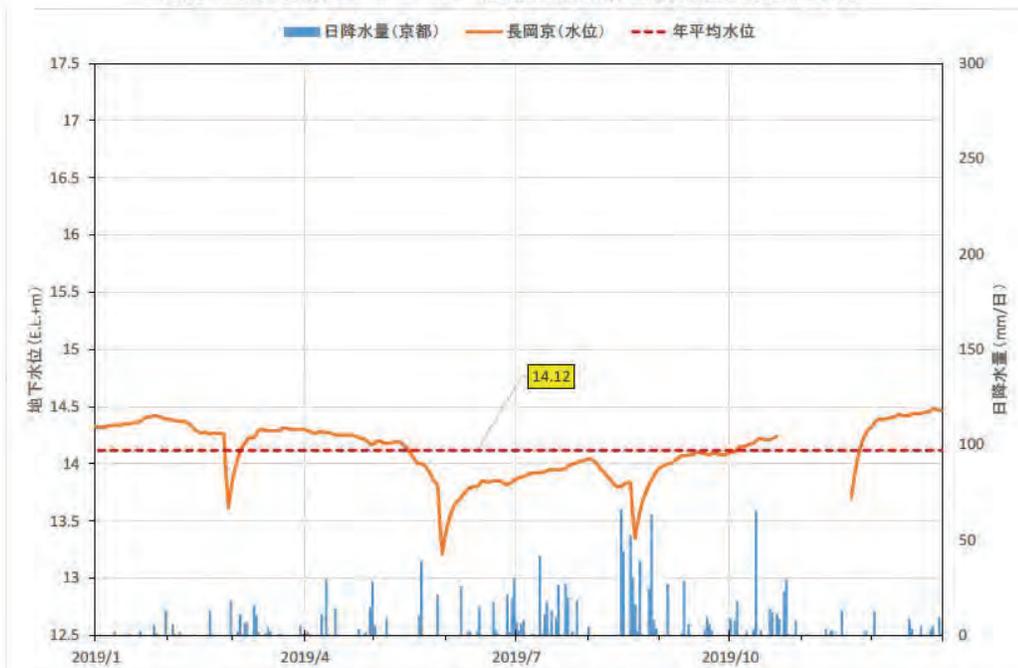


図 1-19 地下水位観測結果（長岡京：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【醍醐】

醍醐観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-20に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+22.58mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-21に示すとおりである。

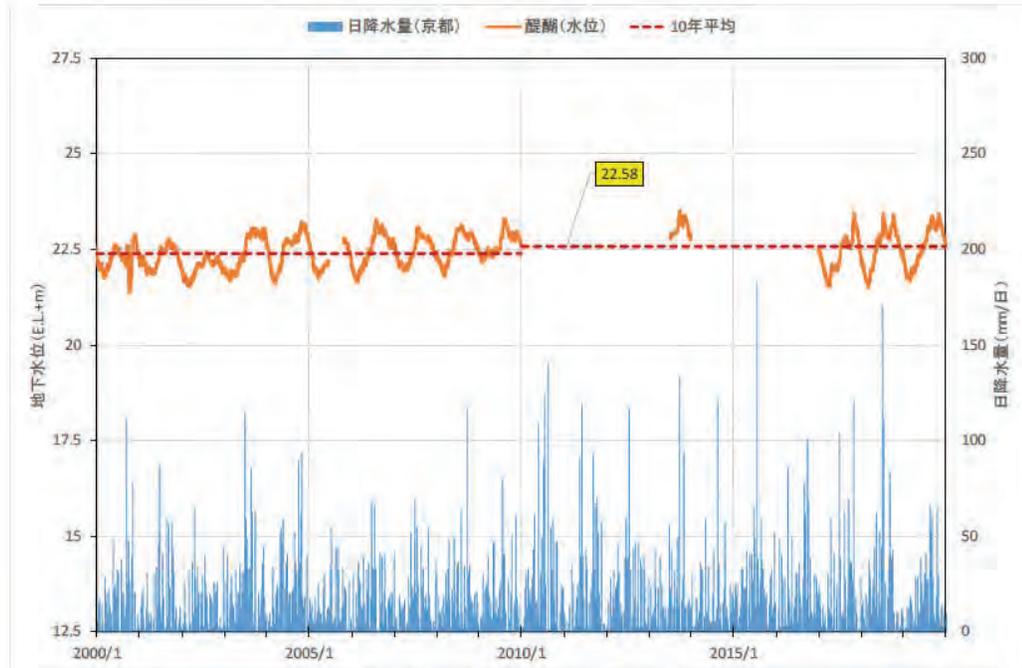


図 1-20 地下水位観測結果（醍醐）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

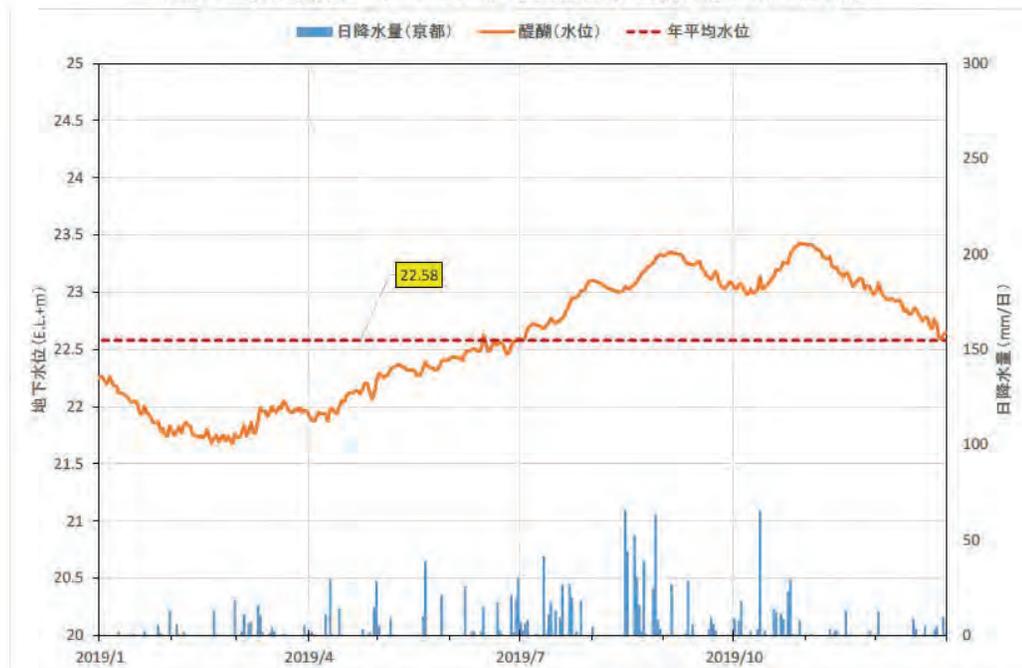


図 1-21 地下水位観測結果（醍醐：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

**【桃山】**

桃山観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-22に示す。過去10年は欠測であり、このため、後述する平水年である2012年も欠測、直近の2019年も欠測である。参考までに、2000～2009年の10年平均水位を見ると、E.L. +10.63mとなる。

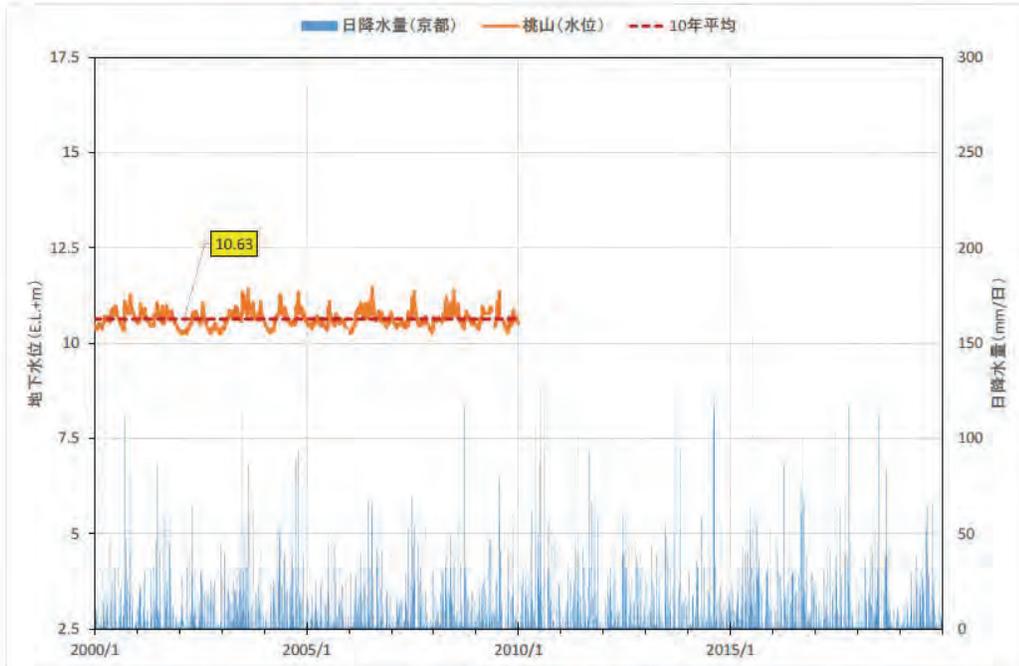


図 1-22 地下水位観測結果（桃山）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

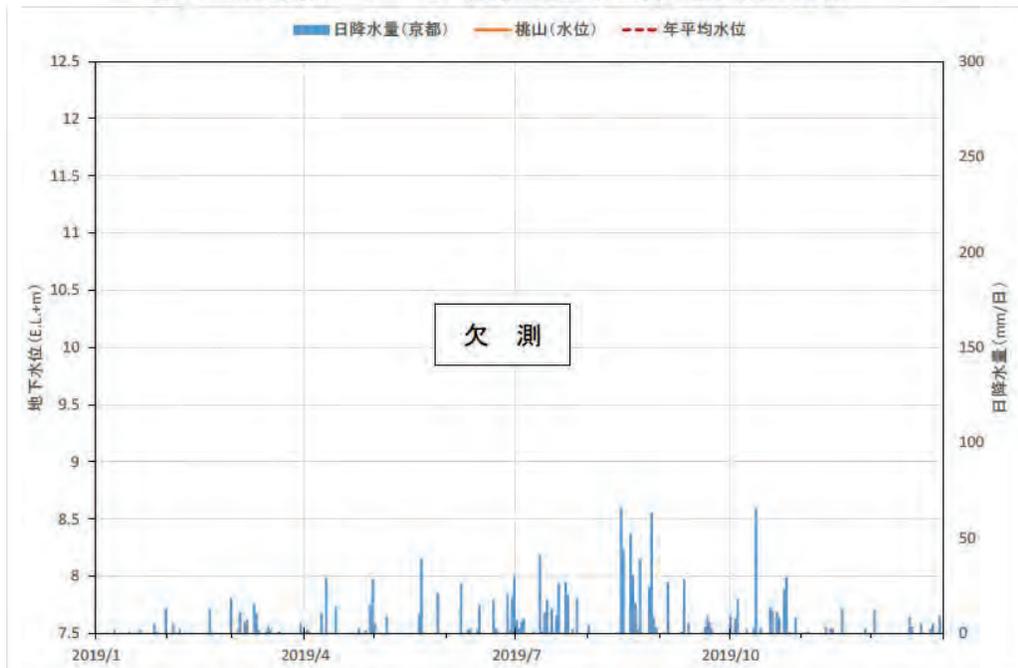


図 1-23 地下水位観測結果（桃山：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 【巨椋池】

巨椋池観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-24 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +6.85m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-25 に示すとおりである。

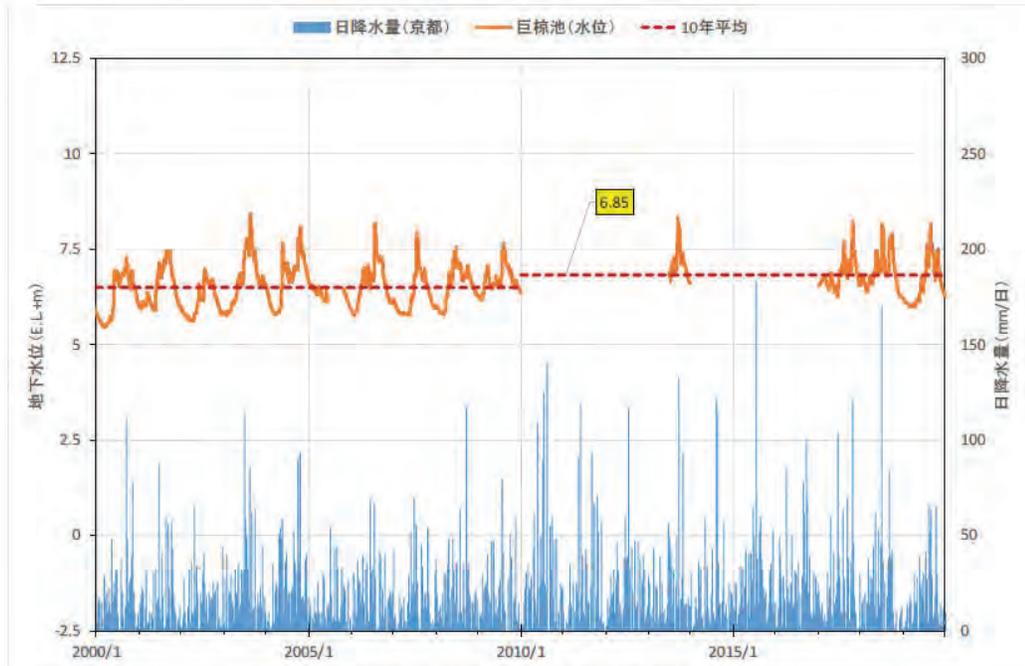


図 1-24 地下水位観測結果（巨椋池）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

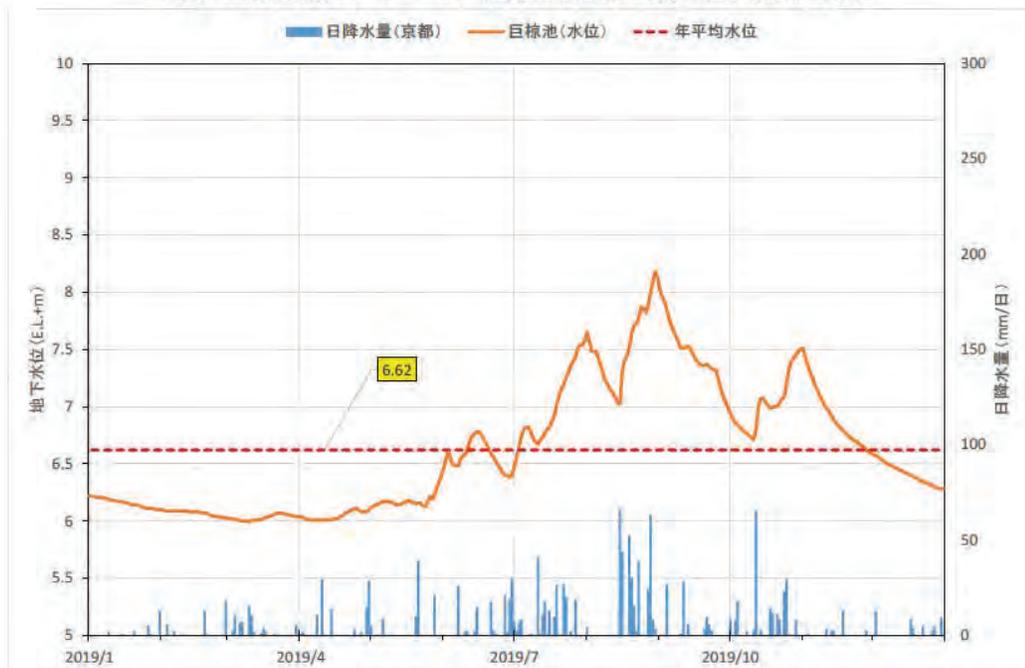


図 1-25 地下水位観測結果（巨椋池：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【淀】

淀観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-26に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+5.73mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-27に示すとおりである。

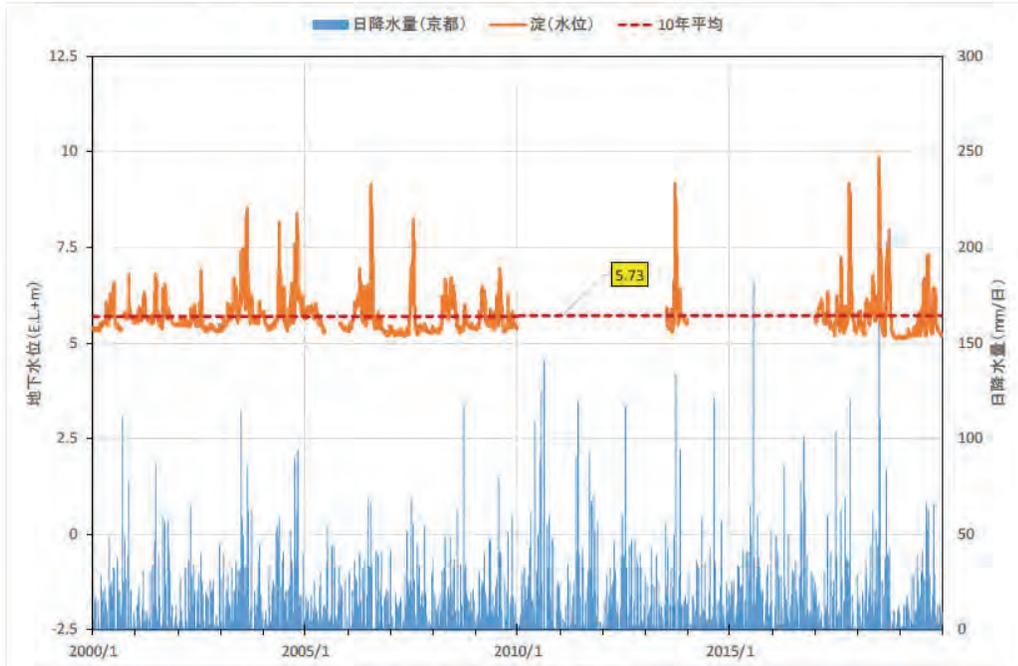


図 1-26 地下水位観測結果（淀）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

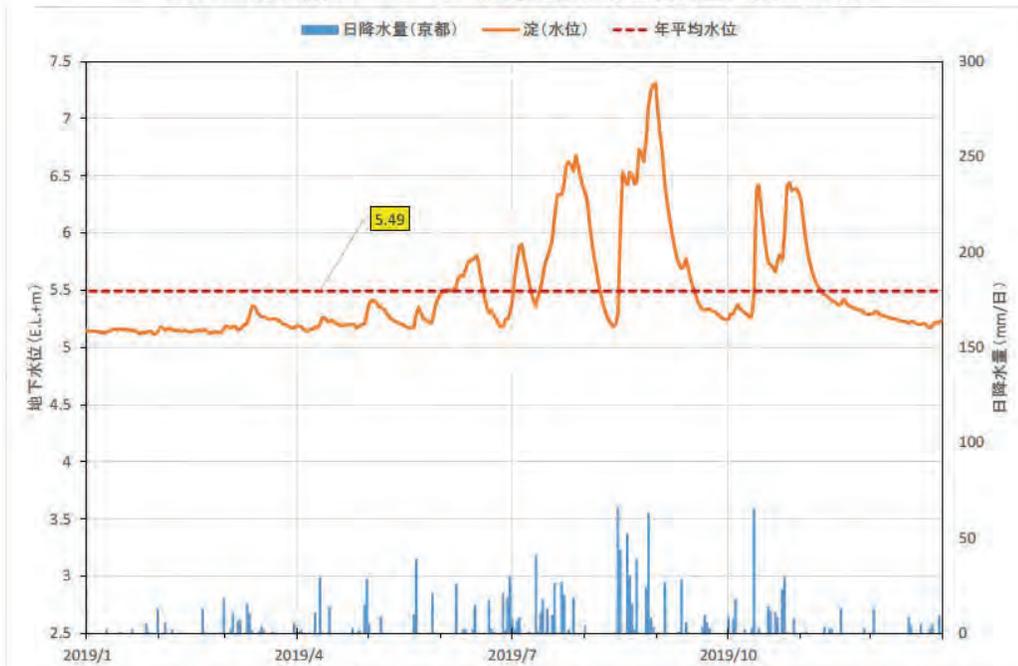


図 1-27 地下水位観測結果（淀：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【東一口】

東一口観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-28に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+5.85mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-29に示すとおりである。

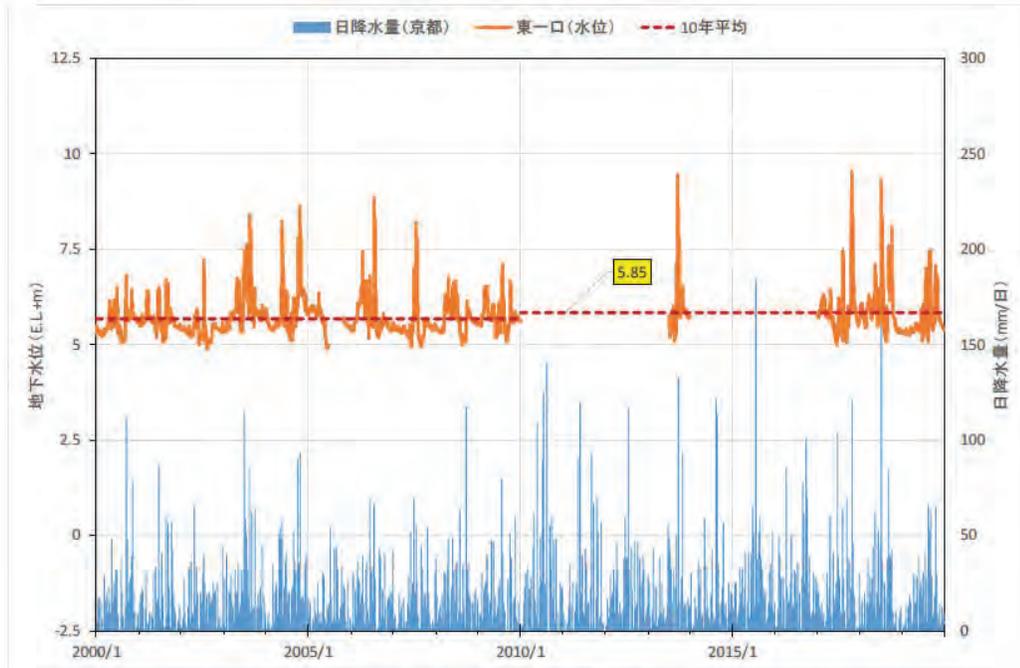


図 1-28 地下水位観測結果（東一口）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

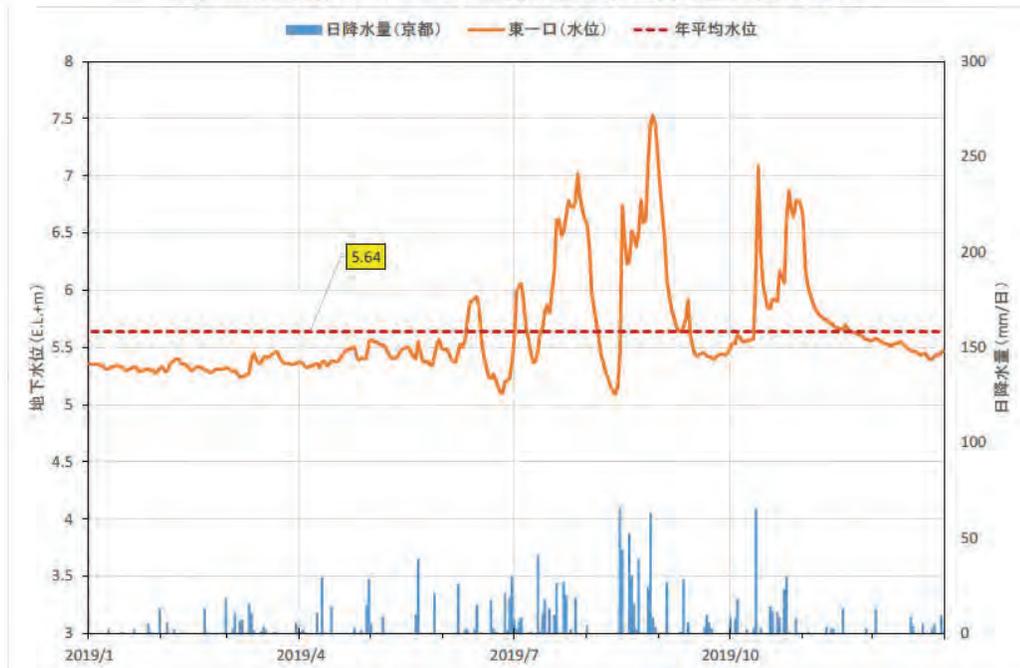


図 1-29 地下水位観測結果（東一口：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【小倉】

小倉観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-30に示す。過去10年間の平均水位は、E.L. +6.90mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-31に示すとおりである。

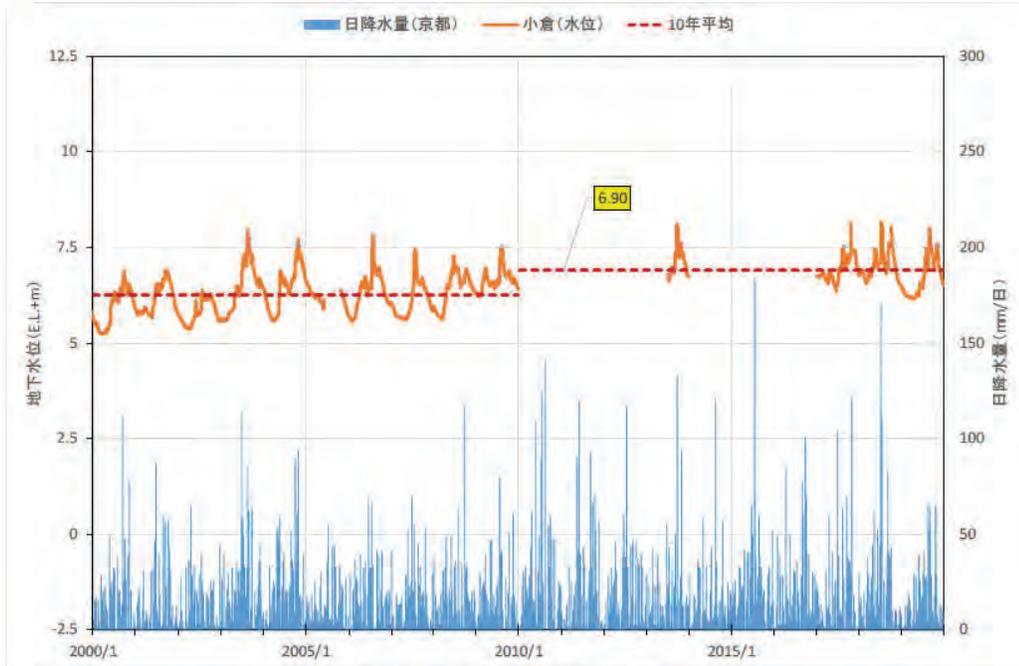


図 1-30 地下水位観測結果（小倉）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成



図 1-31 地下水位観測結果（小倉：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【久御山】

久御山観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-32に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+6.97mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-33に示すとおりである。

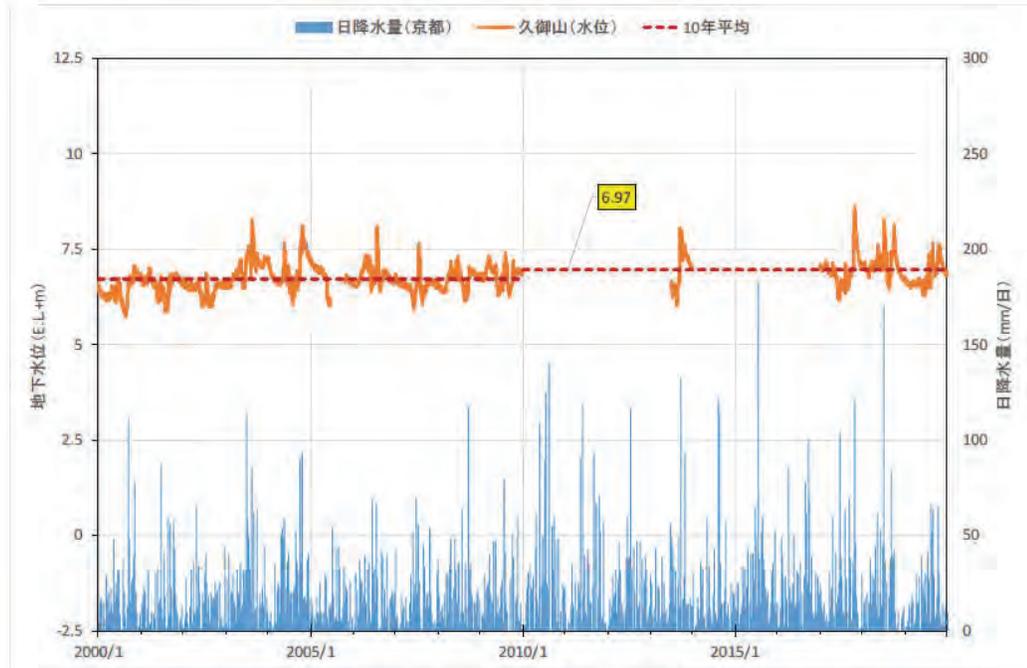


図 1-32 地下水位観測結果（久御山）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成



図 1-33 地下水位観測結果（久御山：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【八幡南】

八幡南観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-34 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +7.29m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-35 に示すとおりである。

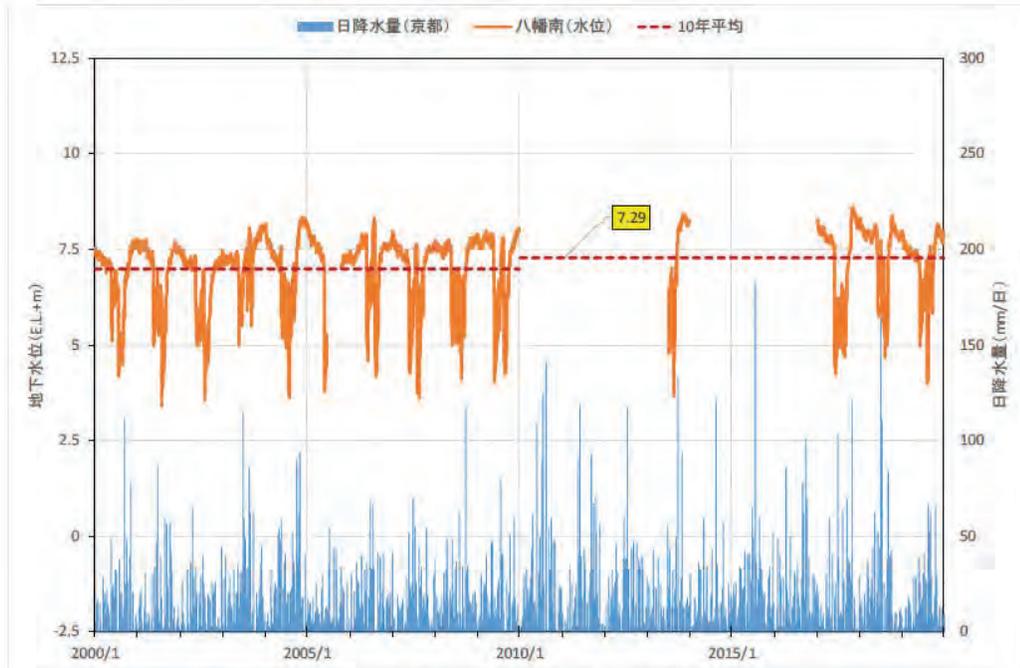


図 1-34 地下水位観測結果（八幡南）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成



図 1-35 地下水位観測結果（八幡南：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 【岩田】

岩田観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-36に示す。過去2010年以降の10年間の平均水位は、E.L.+10.84mである。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-37に示すとおりである。



図 1-36 地下水位観測結果（岩田）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

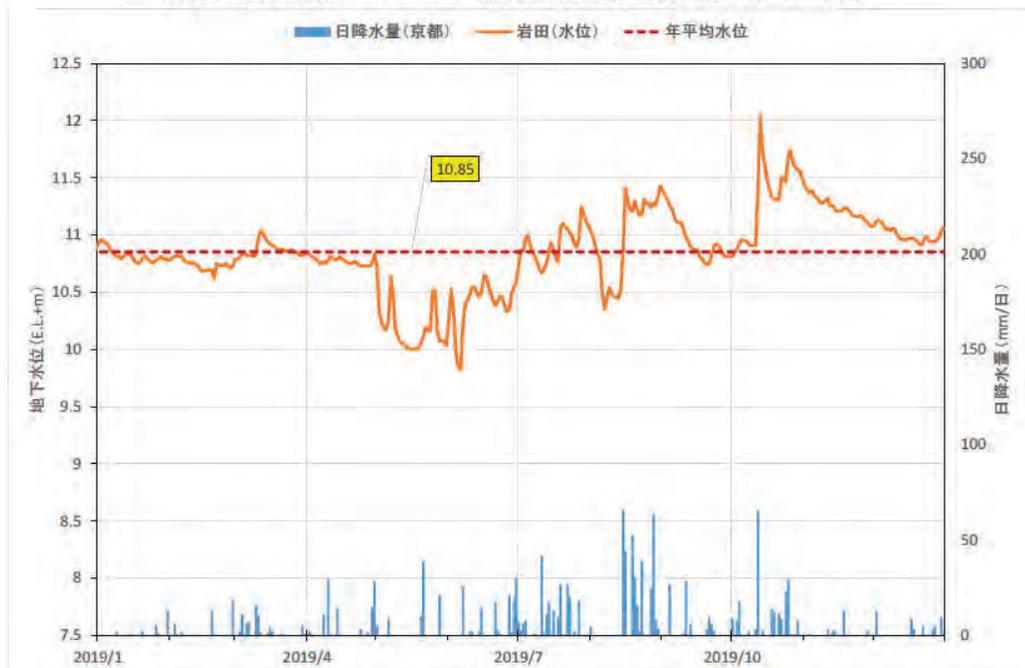


図 1-37 地下水位観測結果（岩田：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【草内(深層)】

草内(深層)観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-38に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+24.03mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-39に示すとおりである。



図 1-38 地下水位観測結果 (草内(深層))

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

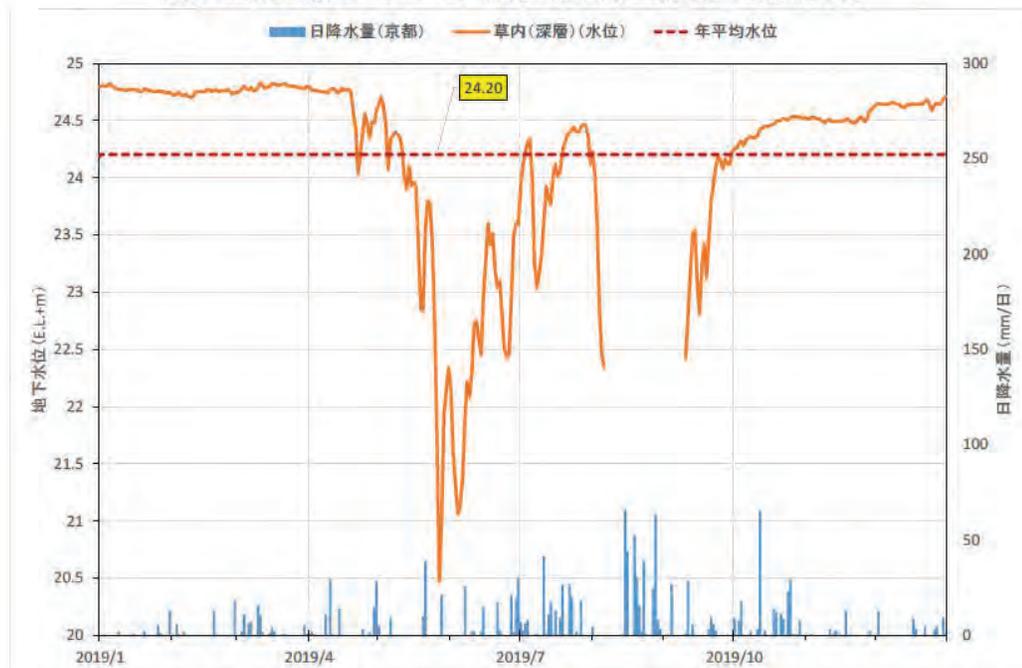


図 1-39 地下水位観測結果 (草内(深層) : 2019年)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

【草内(浅层)】

草内(浅层)観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-40に示す。過去10年間の平均水位は、E.L. +23.75mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-41に示すとおりである。

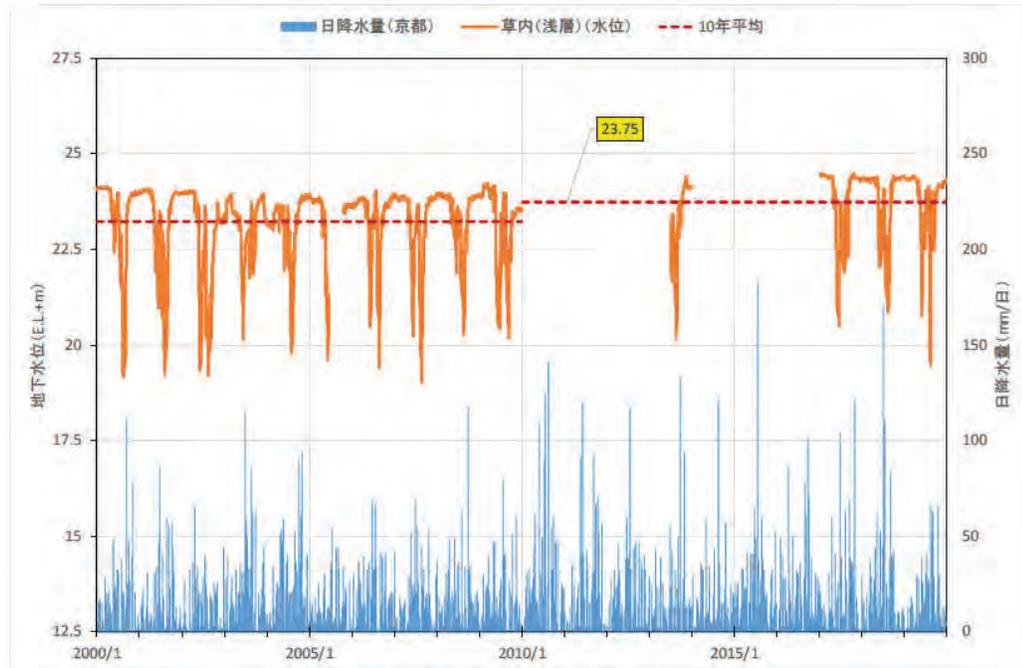


図 1-40 地下水位観測結果 (草内(浅层))

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

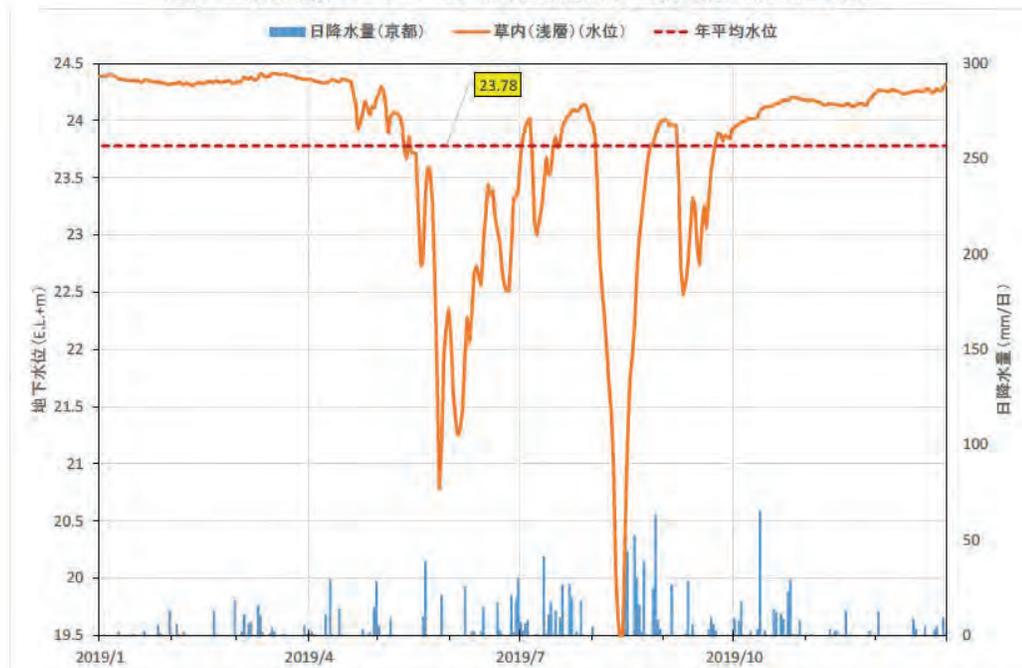


図 1-41 地下水位観測結果 (草内(浅层)) : 2019年

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

### 【御幸橋】

御幸橋観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-42 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +5.08m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-43 に示すとおりである。

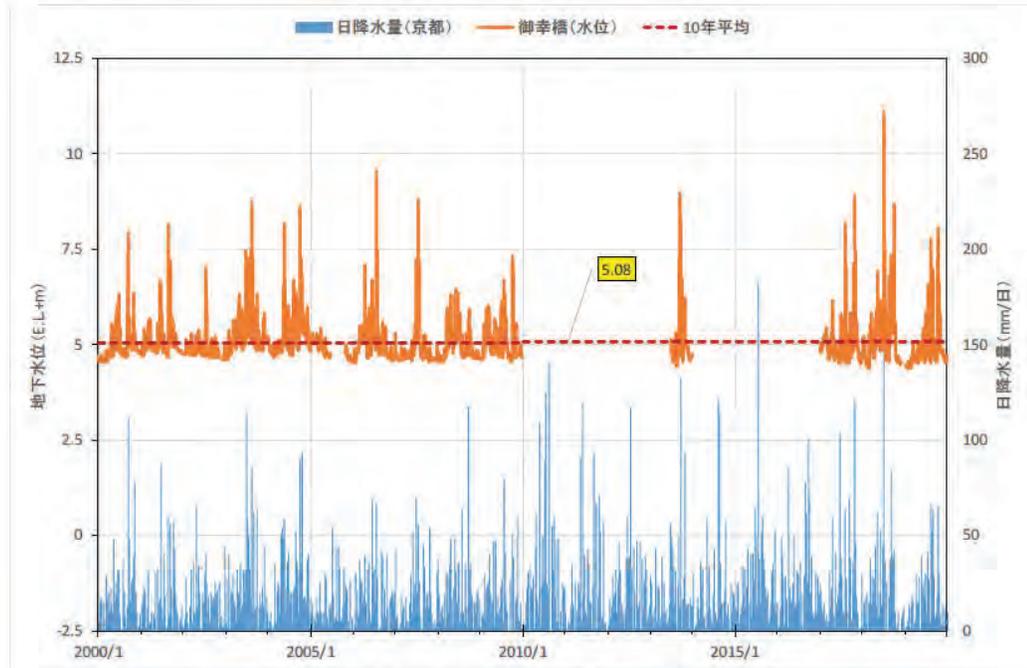


図 1-42 地下水位観測結果（御幸橋：過去 10 年間）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

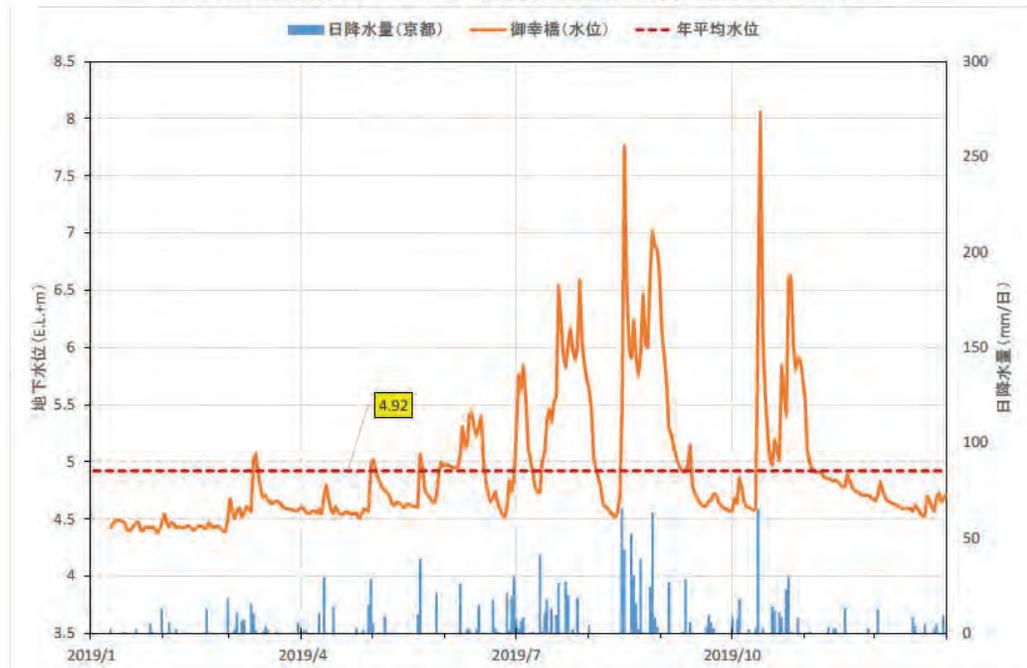


図 1-43 地下水位観測結果（御幸橋：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【大山崎】

大山崎観測地点の過去 20 年間の地下水位の変動状況を図 1-44 に示す。過去 10 年間の平均水位は、E. L. +4.40m となる。また、後述する平水年である 2012 年は欠測で、直近の 2019 年の地下水位の状況は、図 1-45 に示すとおりである。

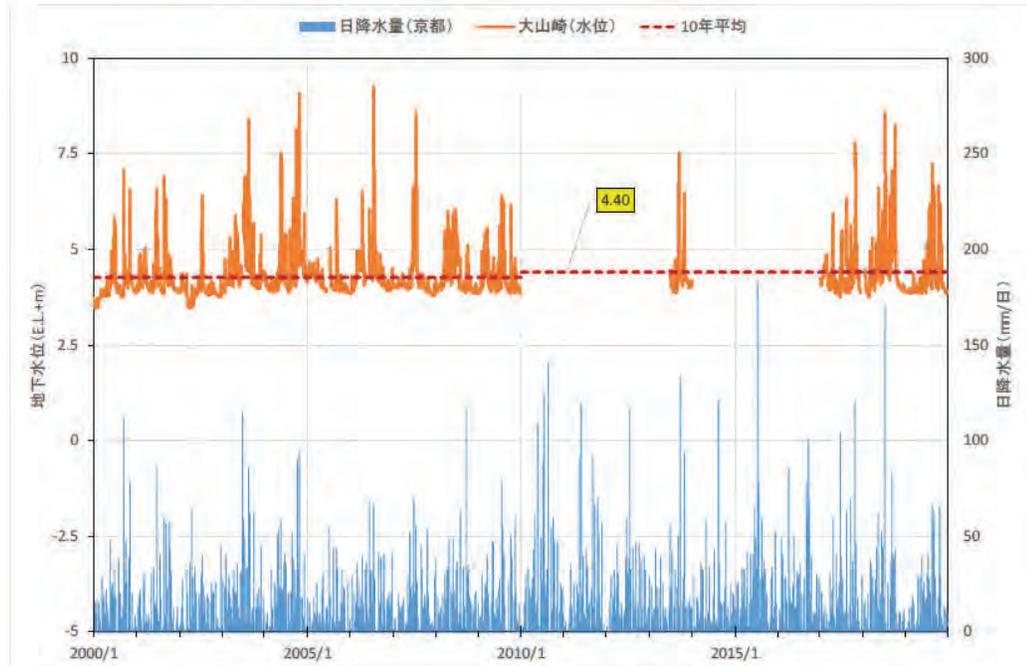


図 1-44 地下水位観測結果（大山崎）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

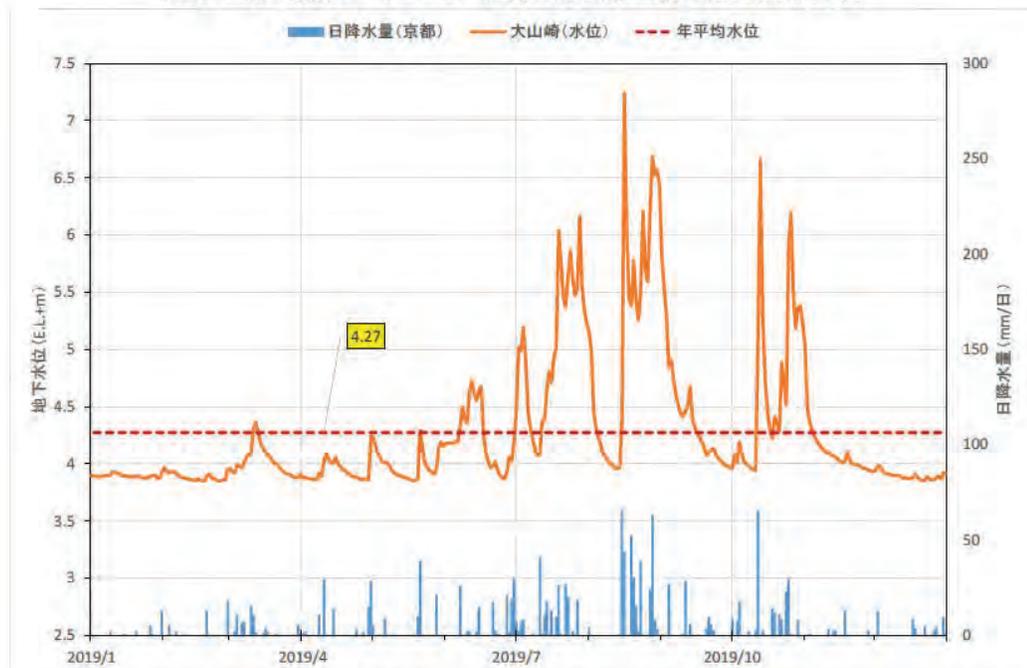


図 1-45 地下水位観測結果（大山崎：2019 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【八幡】

八幡観測地点の過去20年間の地下水位の変動状況を図1-46に示す。過去10年間の平均水位は、E.L.+4.71mとなる。また、後述する平水年である2012年は欠測で、直近の2019年の地下水位の状況は、図1-47に示すとおりである。

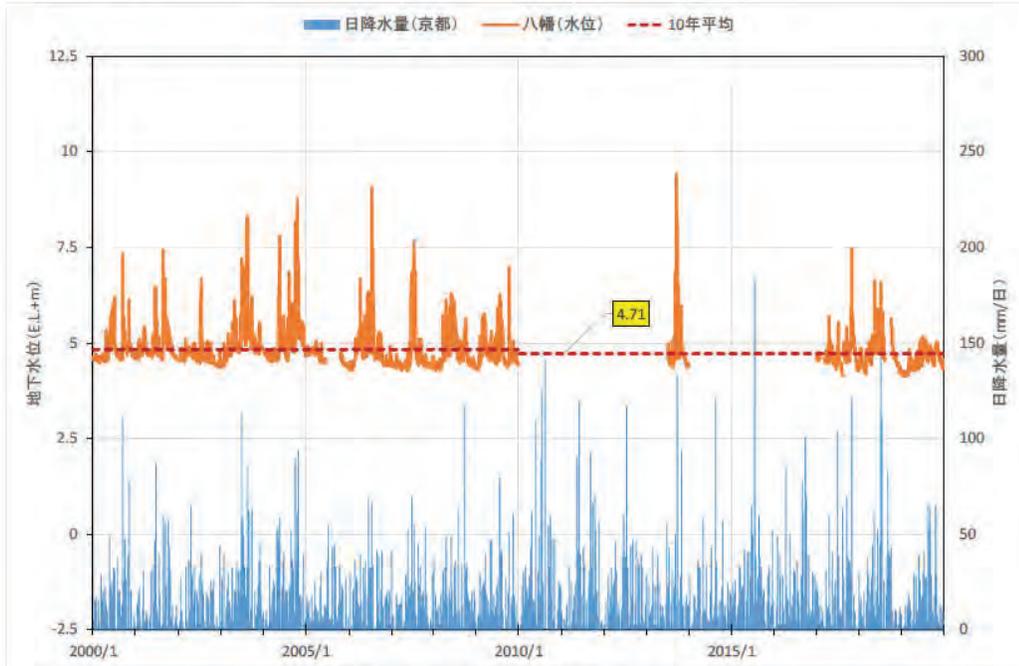


図 1-46 地下水位観測結果（八幡）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

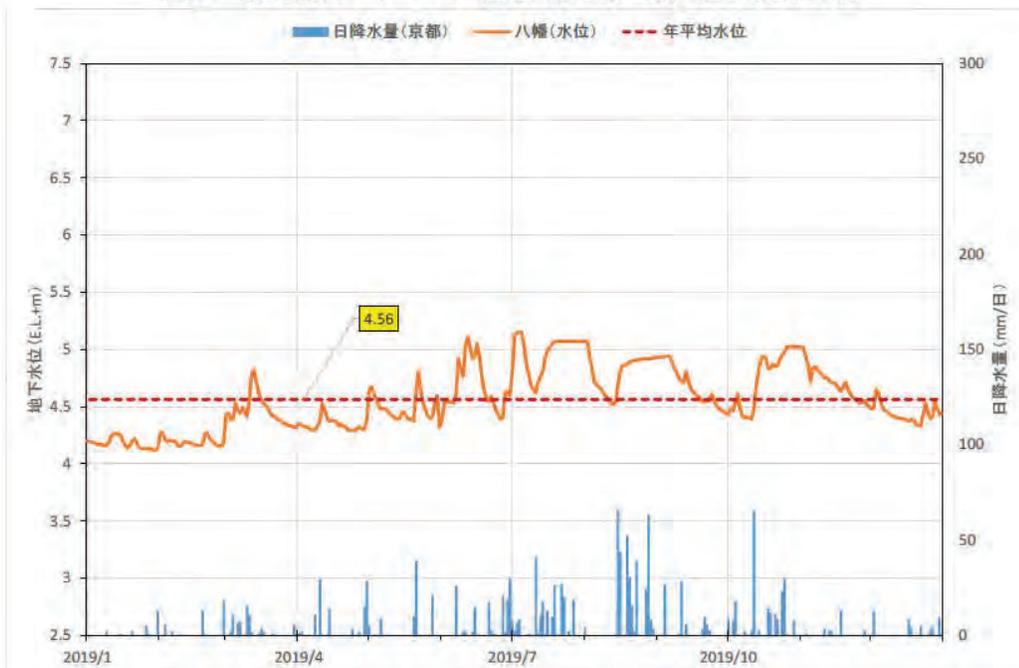


図 1-47 地下水位観測結果（八幡：2019年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 2. 河川流量・水位変動状況

### a) 観測地点

表 2-1 河川水位・流量観測所（国土交通省）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」

観測所名	観測項目	河川名	観測所諸元		河川流量(m <sup>3</sup> /s)	河川水位(E.L.m)
			流域面積	零点高	2012年平均	2012年平均
宇治	水位流量	宇治川	4,218.00km <sup>2</sup>	12.870m	241.20	14.08
向島	水位流量	宇治川	4,282.00km <sup>2</sup>	12.866m	229.67	7.95
淀	水位流量	宇治川	4,354.00km <sup>2</sup>	11.017m	251.04	6.54
宇治川三川	水位流量	宇治川	4,354.00km <sup>2</sup>	8.956m	—	5.82
高浜	水位流量	淀川	7,050.00km <sup>2</sup>	9.095m	217.52	4.97
勸修寺	水位流量	山科川	32.00km <sup>2</sup>	注	—	—
飯岡	水位流量	木津川	1,559.00km <sup>2</sup>	22.108m	65.82	19.64
八幡	水位流量	木津川	1,596.00km <sup>2</sup>	11.335m	56.79	7.72
保津峡	水位流量	桂川	741.00km <sup>2</sup>	48.073m	25.13	48.38
天竜寺	水位流量	桂川	818.00km <sup>2</sup>	34.360m	25.75	33.85
桂	水位流量	桂川	887.00km <sup>2</sup>	19.391m	26.36	21.21
羽束師	水位流量	桂川	1,090.00km <sup>2</sup>	9.234m	41.38	8.89
納所	水位流量	桂川	1,100.00km <sup>2</sup>	11.119m	28.79	8.07
深草	水位流量	鴨川	156.00km <sup>2</sup>	19.016m	7.93	19.18
天ヶ瀬ダム	放流量	宇治川	352.00km <sup>2</sup>	50.000m	123.82	—
榎尾山	水位流量	宇治川	17.30km <sup>2</sup>	16.000m	—	17.14

注：地理院地図より地盤高 18.6m を採用

表 2-2 河川水位観測所（京都府）

出典：京都府HP 河川防災情報

観測地点	観測位置	管理者	河川	データ期間
上賀茂	京都市北区上賀茂十三石山	京都土木	鴨川	2014年1月～2019年11月
北山大橋	京都市左京区賀茂今井町	京都土木	鴨川	2014年1月～2019年11月
荒神橋	京都市左京区吉田河原町	京都土木	鴨川	2014年1月～2019年11月
東松ノ木町	京都市南区東九条東松ノ木町	京都土木	鴨川	2014年1月～2019年11月
小枝橋	京都市伏見区中島秋ノ山町	京都土木	鴨川	2014年5月～2019年11月
大原	京都市左京区大原上野町	京都土木	高野川	2014年1月～2019年11月
松ヶ崎橋	京都市左京区山端川端町	京都土木	高野川	2014年1月～2019年11月
岩倉	京都市左京区岩倉大鷲町	京都土木	岩倉川	2014年1月～2019年11月
稲村橋	京都市南区上鳥羽北戒光町	京都土木	西高瀬川	2014年1月～2019年11月
西院	京都市右京区西院東貝川町	京都土木	天神川	2014年1月～2019年11月
勤修寺	京都市山科区勤修寺東出町	京都土木	山科川	2014年1月～2019年11月
金ヶ崎	京都市山科区勤修寺西金ヶ崎	京都土木	旧安祥寺川	2014年1月～2019年11月
長代川	京都市左京区静市市原町	京都土木	長代川	2014年1月～2019年11月
御室川	京都市右京区太秦安井池田町	京都土木	御室川	2014年1月～2019年11月
衣笠荒見(天神川)	京都市北区衣笠荒見町	京都土木	天神川	2014年1月～2019年11月
四ノ宮	京都市山科区四ノ宮南河原町	京都土木	四宮川	2018年3月～2019年11月
安朱	京都市山科区安朱棧敷町	京都土木	安祥寺川	2018年3月～2019年11月
大原野	京都市西京区大原野上里紅葉町	乙訓土木	小畑川	2014年1月～2019年11月
松田橋	乙訓郡大山崎町	乙訓土木	小泉川	2014年1月～2019年11月
犬川	長岡京市神足	乙訓土木	犬川	2014年1月～2019年11月
久保川	乙訓郡大山崎町海道	乙訓土木	久保川	2014年1月～2019年11月
佐古	久世郡久御山町	山城北土木	古川	2014年1月～2019年11月
寺田	城陽市寺田	山城北土木	古川	2014年1月～2019年11月
八幡	八幡市八幡東島	山城北土木	大谷川	2014年1月～2019年11月
内里(防賀川)	八幡市岩田中道	山城北土木	防賀川下流	2014年1月～2019年11月
水分橋	京田辺市	山城北土木	防賀川	2014年1月～2019年11月
興戸(防賀川)	京田辺市興戸東垣内	山城北土木	防賀川上流	2014年1月～2019年11月
三山木	京田辺市三山木七瀬川	山城北土木	普賢寺川	2014年1月～2019年11月
井手	井手町	山城北土木	玉川	2014年1月～2019年11月
弥陀次郎川	宇治市五ヶ庄北ノ庄	山城北土木	弥陀次郎川	2014年1月～2019年11月
手原川	京田辺市薪溜池	山城北土木	手原川	2014年1月～2019年11月
馬坂川	京田辺市田辺	山城北土木	馬坂川	2014年1月～2019年11月
天津神川	京田辺市田辺棚倉	山城北土木	天津神川	2014年1月～2019年11月
長谷川(城陽市)	城陽市奈島下ノ畔	山城北土木	長谷川	2014年1月～2019年11月
青谷川(山城)	井手町大字多賀	山城北土木	青谷川	2014年1月～2019年11月
南谷川	井手町大字多賀	山城北土木	南谷川	2014年1月～2019年11月
木幡池(堂ノ川)	宇治市熊小路	山城北土木	堂ノ川	2014年1月～2019年11月
戦川	宇治市菟道中筋	山城北土木	戦川	2014年1月～2019年11月
志津川	宇治市志津川東組	山城北土木	志津川	2014年1月～2019年11月
小倉(井川)	宇治市小倉老ノ木	山城北土木	井川	2014年1月～2019年11月
伊勢田(井川)	宇治市伊勢田町遊田	山城北土木	井川	2014年1月～2019年11月
名木川	久御山町林八幡講	山城北土木	名木川	2014年1月～2019年11月
近鉄橋下流(古川)	城陽市寺田樋尻	山城北土木	古川	2014年1月～2019年11月

注：京都府においても河川水位の観測が行われているが、流量としての記録はない。

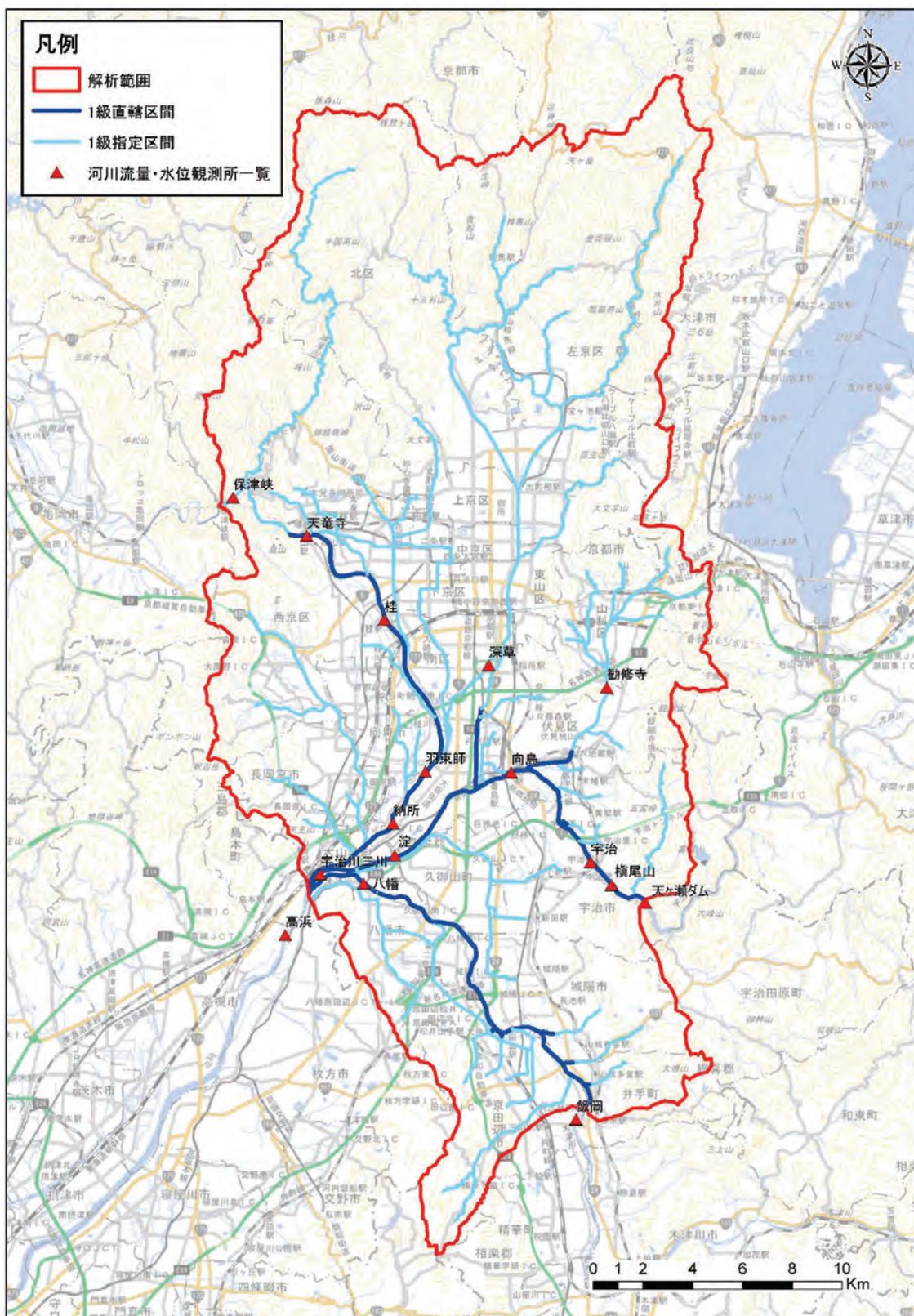


図 2-1 河川観測所（国土交通省）

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下水位観測所位置他を追加して掲載

注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

表 2-3 河川水位・流量観測地点

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」、「京都府HP」

観測所名	観測項目	河川名	観測所諸元		河川流量(m <sup>3</sup> /s)	河川水位(E.L.m)
			流域面積	零点高	2012年平均	2012年平均
日吉ダム (機構)	流入量・放流量 ・貯水位	桂川	290.000km <sup>2</sup>	—	11.47	—
大野ダム	流入量・放流量 ・貯水位	由良川	354.000km <sup>2</sup>	—	16.39	—
上黒田	水位	桂川	66.00km <sup>2</sup>	—	—	—
井戸(機構)	水位	桂川	—	264.510m	—	264.90
田歌	水位流量	由良川	—	287.730m	—	—

注：上黒田、田歌は 2000 年以降観測データなし

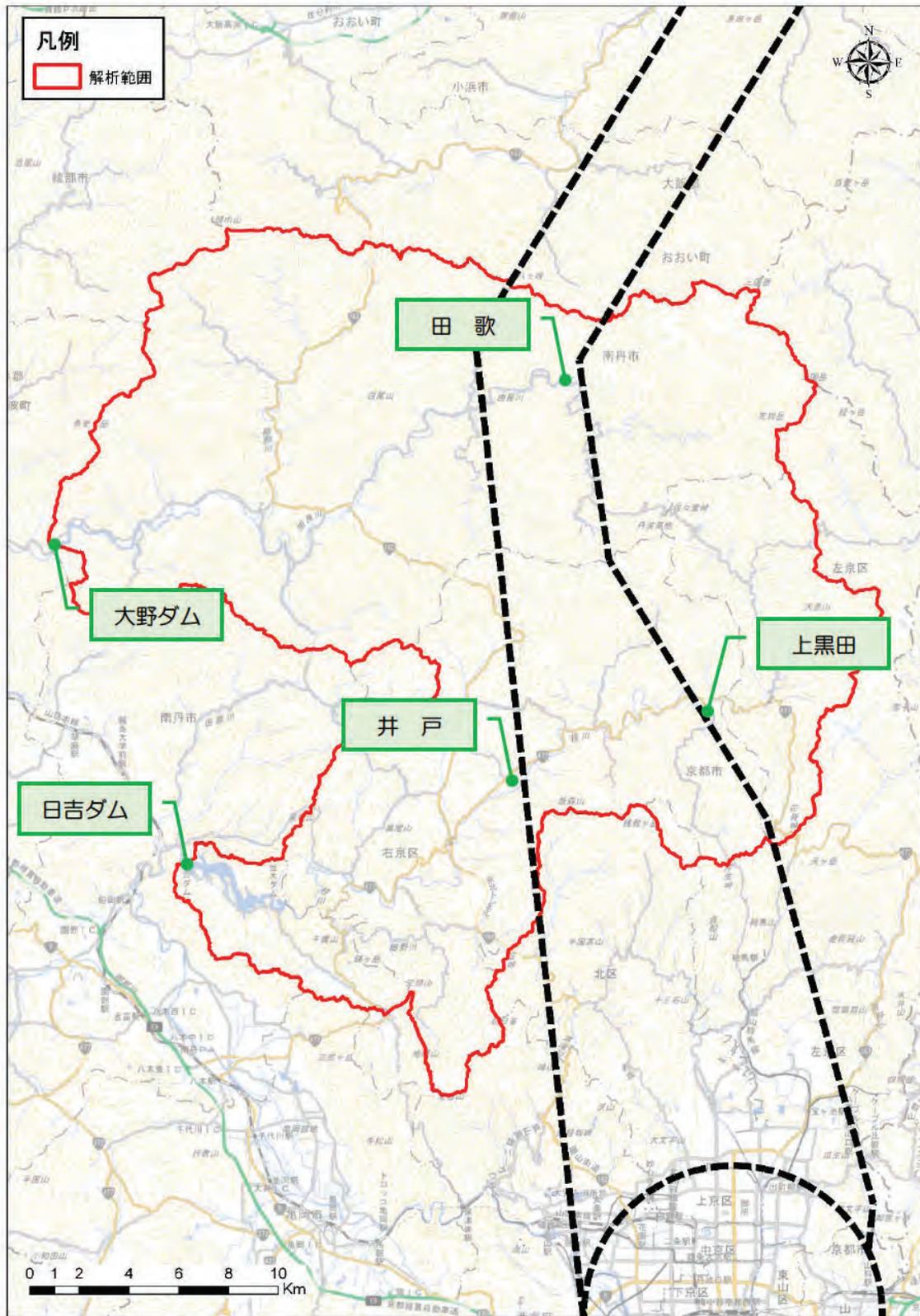


図 2-2 河川水位・流量観測所（ダム地点含む）

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に地下水位観測所位置他を追加して掲載  
 注：解析範囲とは後述する京都市及びその周辺域を対象とした広域解析の範囲。広域解析を目的とすることから水文関連情報の収集・整理は同範囲を対象に実施した。

b) 各観測地点の状況

【宇治】

宇治観測地点の過去20年間の河川水の変動状況を図2-3に示す。また、2012年の河川水の状況は、図2-4に示すとおりである。平水年である2012年の平均流量は、241.20 $\text{m}^3/\text{s}$ であった。

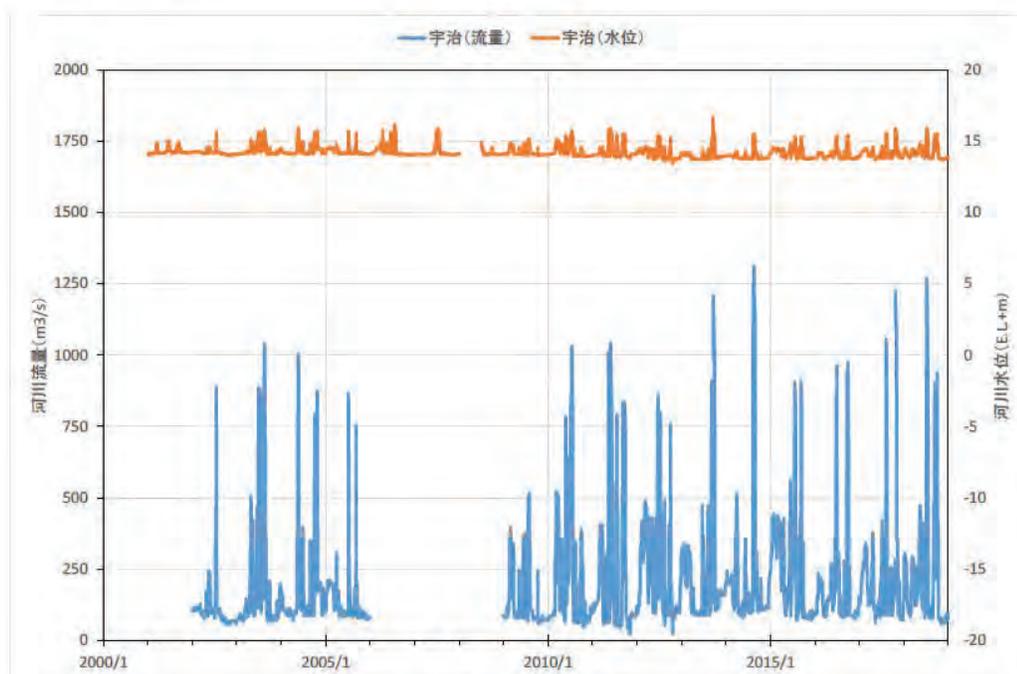


図 2-3 河川水観測結果（宇治）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

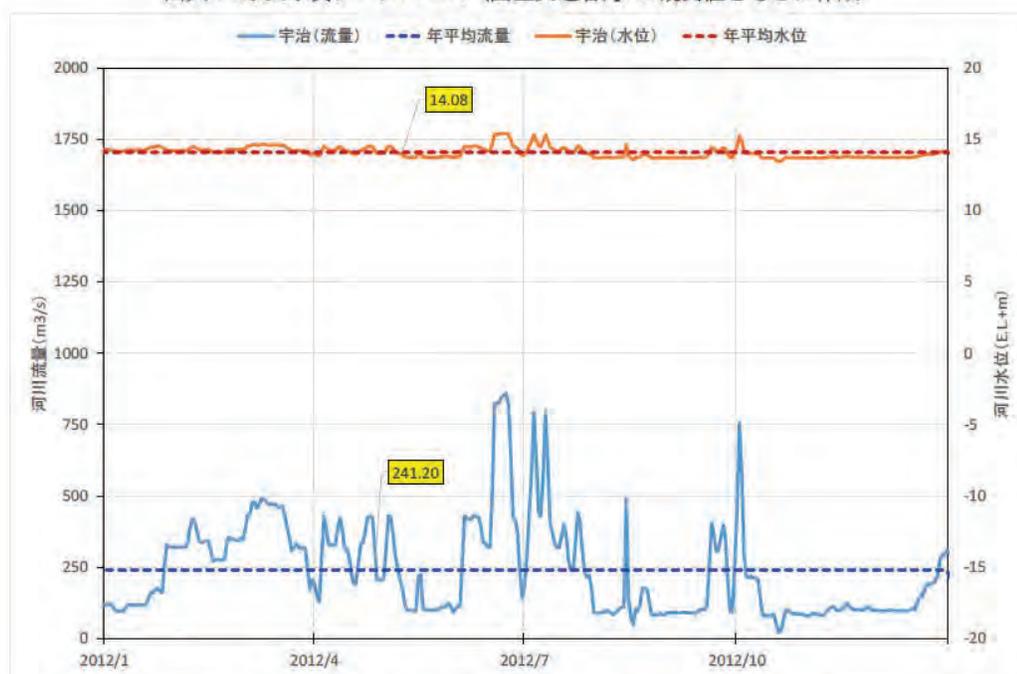


図 2-4 河川水観測結果（宇治：2012年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【向島】

向島観測地点の過去20年間の河川水の変動状況を図2-5に示す。また、2012年の河川水の状態は、図2-6に示すとおりである。平水年である2012年の平均流量は、229.67m<sup>3</sup>/sであった。

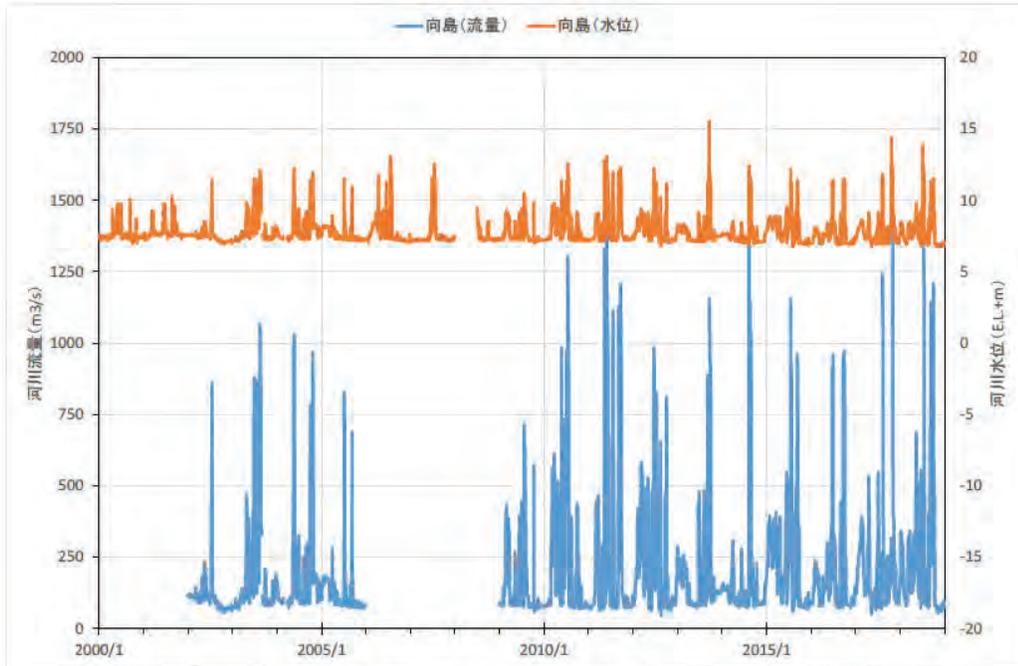


図 2-5 河川水観測結果 (向島)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

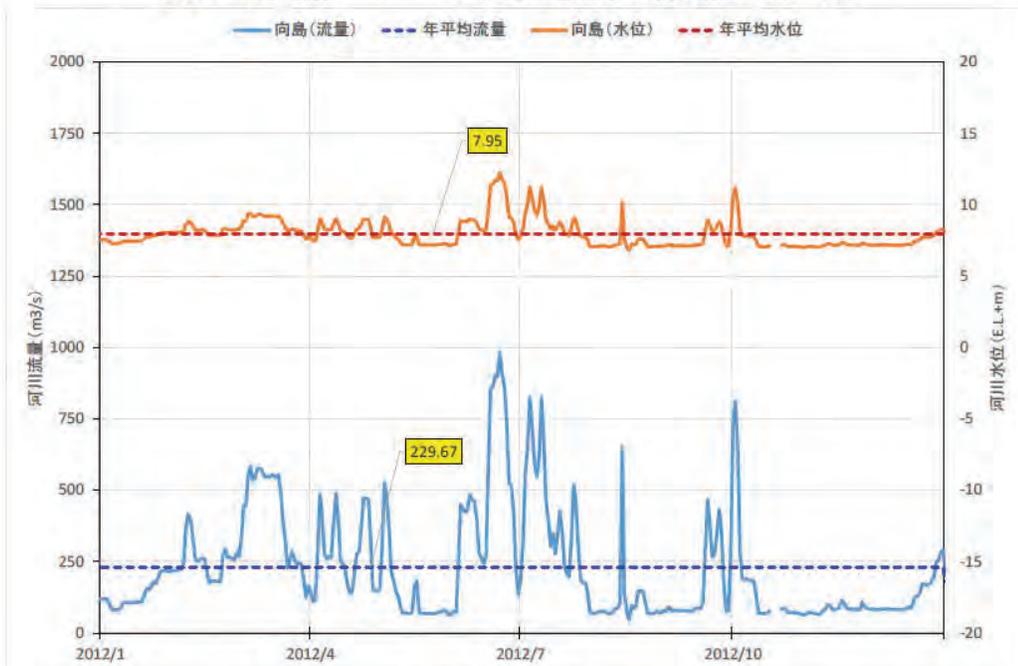


図 2-6 河川水観測結果 (向島：2012年)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

【淀】

淀観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-7 に示す。また、2012 年の河川水の状況は、図 2-8 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、251.04m<sup>3</sup>/s であった。

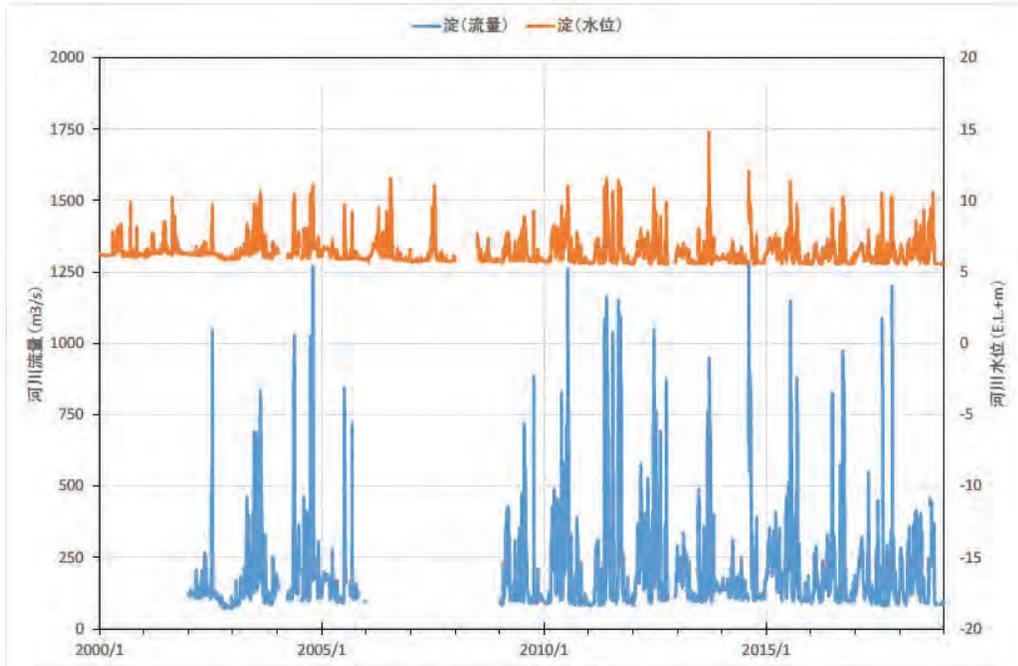


図 2-7 河川水観測結果 (淀)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

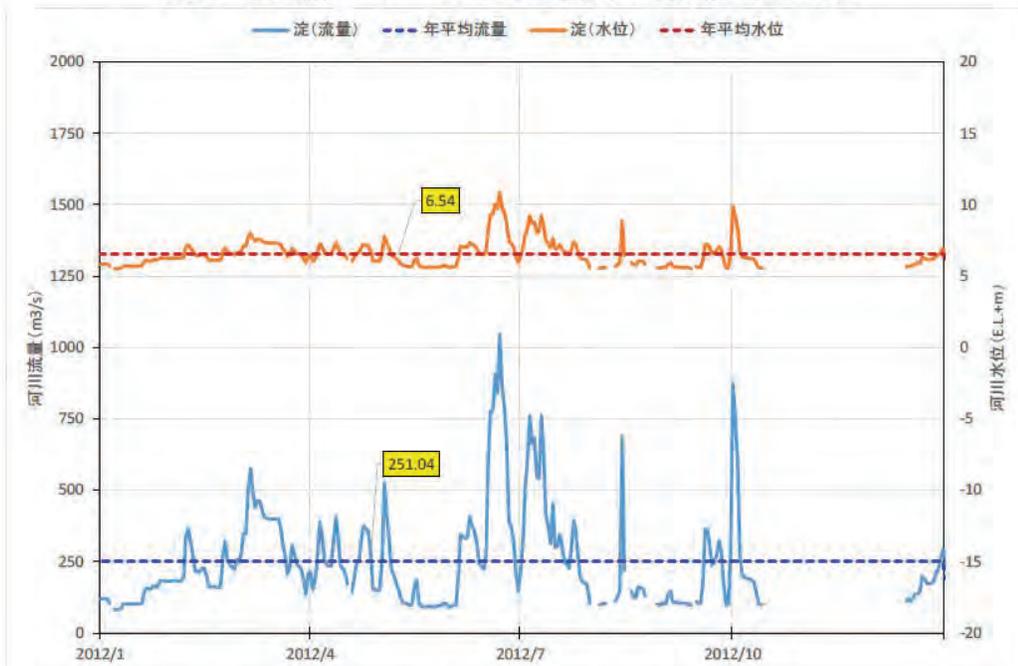


図 2-8 河川水観測結果 (淀：2012 年)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

### 【宇治三川】

宇治三川観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-9 に示す。宇治三川観測地点の河川流量については公開されていない。2012 年の河川水の状況は、図 2-10 に示すとおりである。

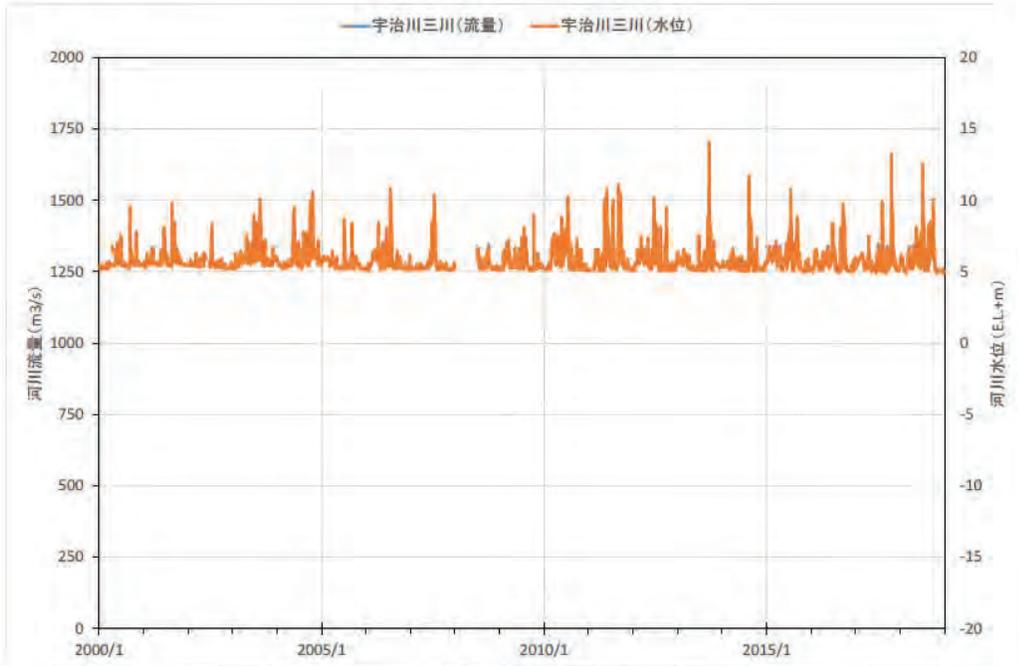


図 2-9 河川水観測結果（宇治三川）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

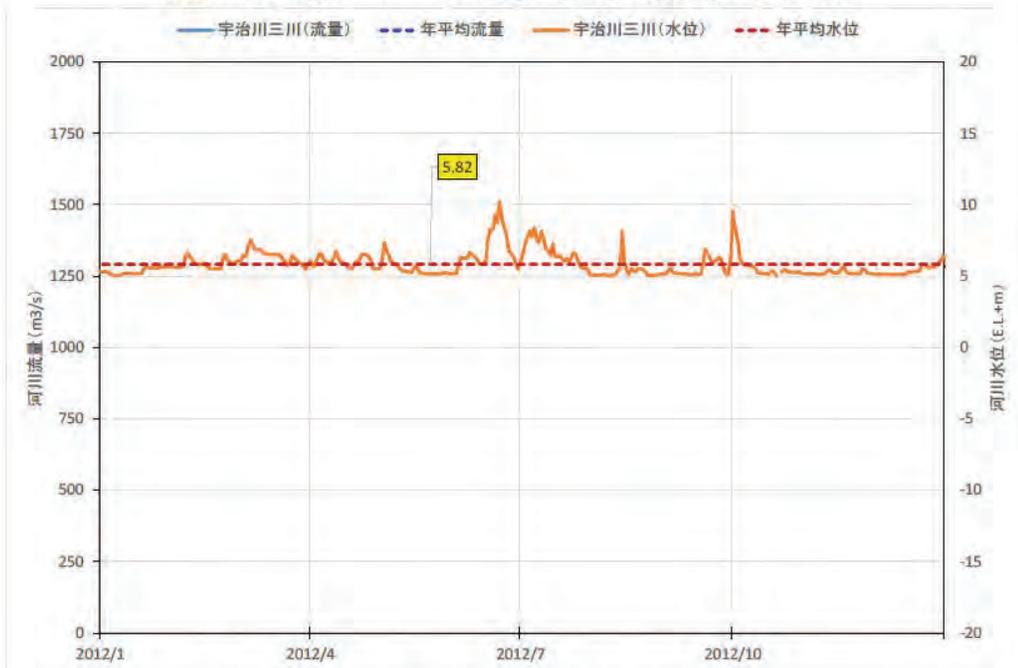


図 2-10 河川水観測結果（宇治三川：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 【高浜】

高浜観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-11 に示す。また、2012 年の河川水の状況は、図 2-12 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、217.52  $\text{m}^3/\text{s}$  であった。

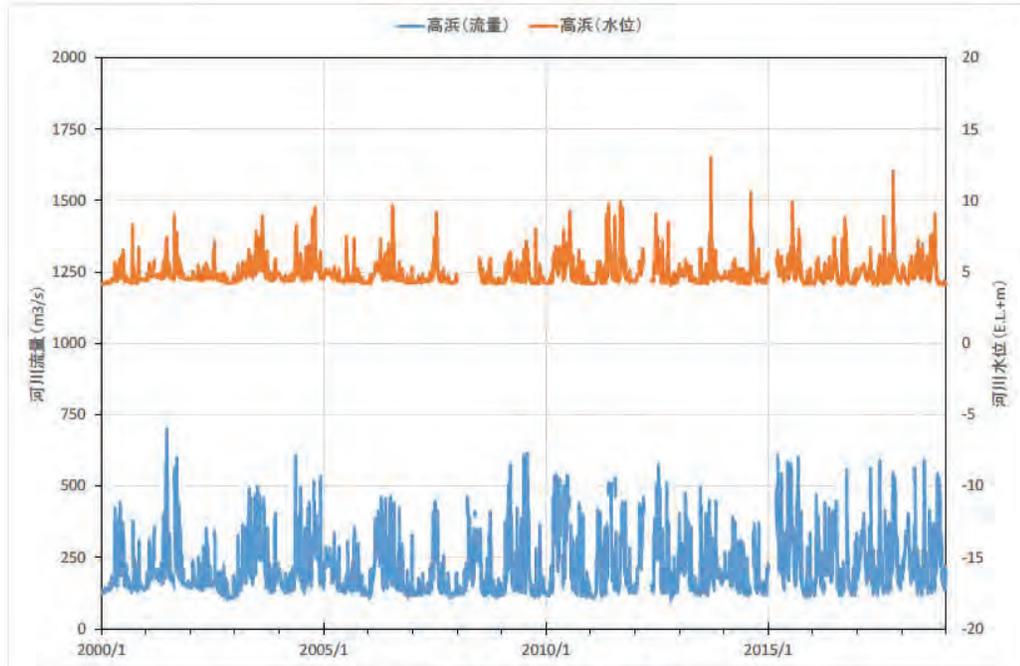


図 2-11 河川水観測結果（高浜）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

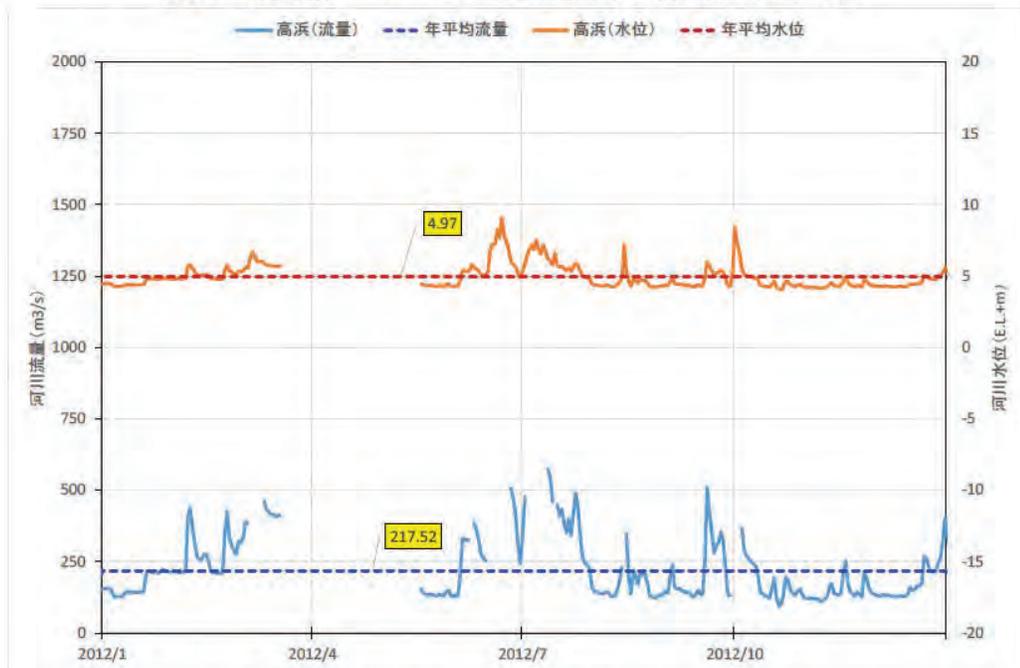


図 2-12 河川水観測結果（高浜：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【勸修寺】

勸修寺観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-13 に示す。また、2012 年の河川水の状況は、図 2-14 に示すとおり、水位・流量ともに欠測である。

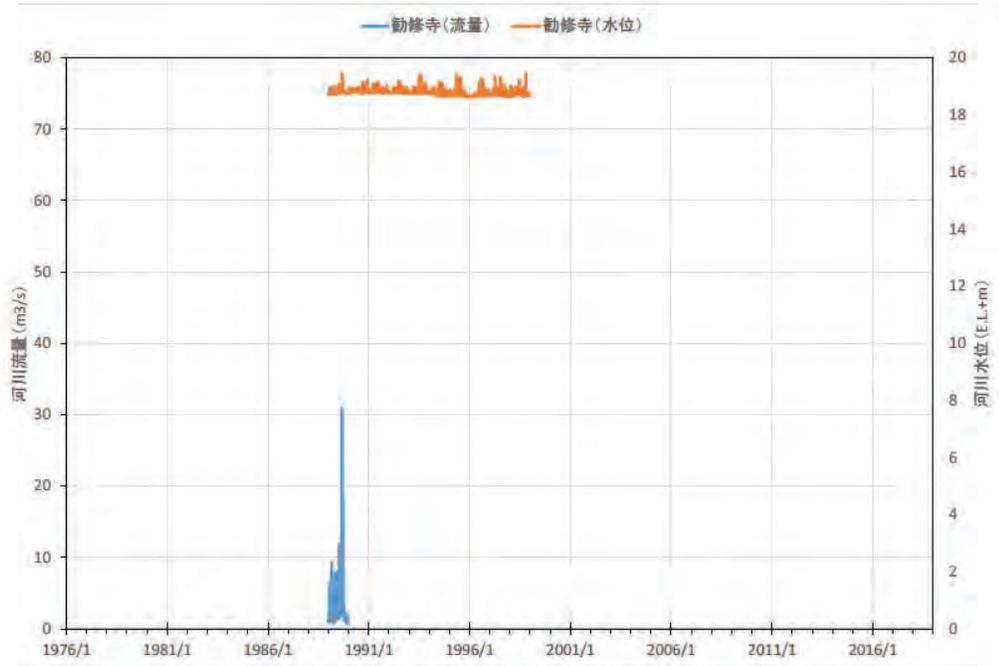


図 2-13 河川水観測結果（勸修寺）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

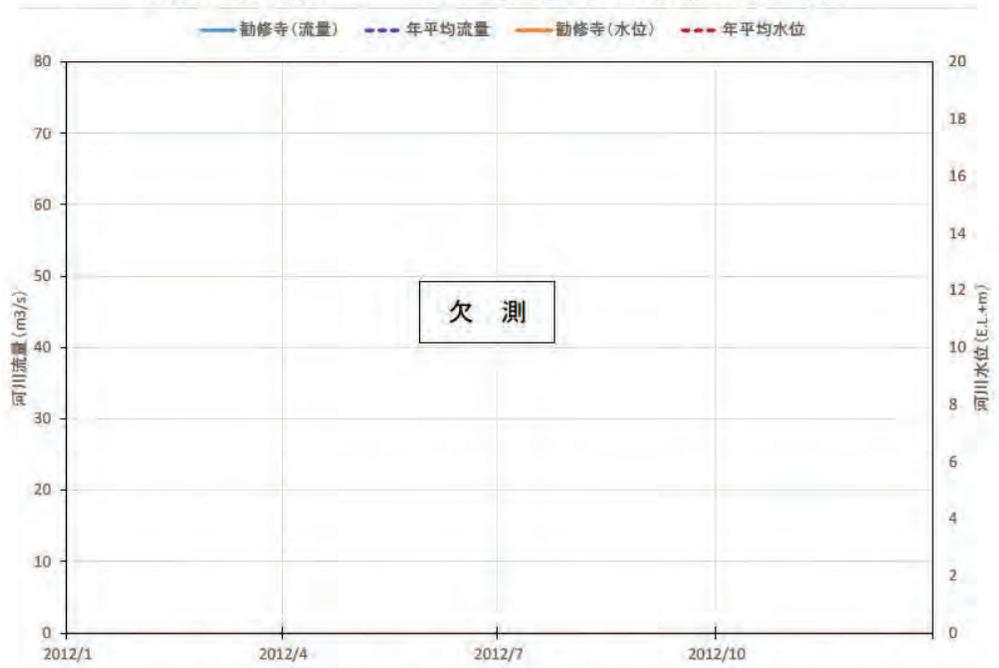


図 2-14 河川水観測結果（勸修寺：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【飯岡】

飯岡観測地点の過去20年間の河川水の変動状況を図2-15に示す。また、2012年の河川水の状況は、図2-16に示すとおりである。平水年である2012年の平均流量は、65.82 m<sup>3</sup>/sであった。

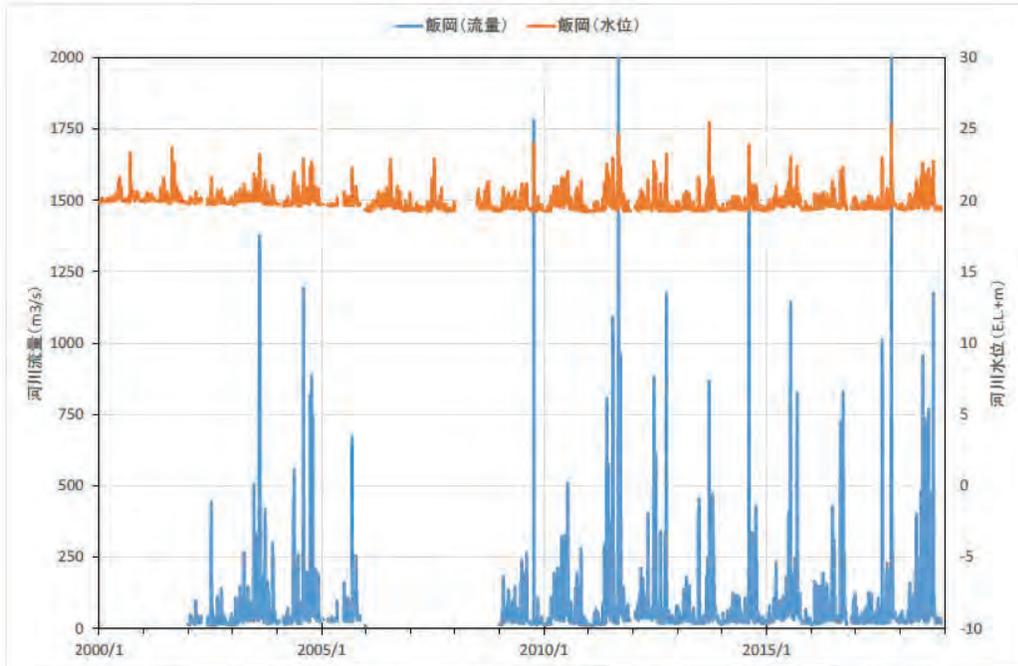


図 2-15 河川水観測結果（飯岡）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

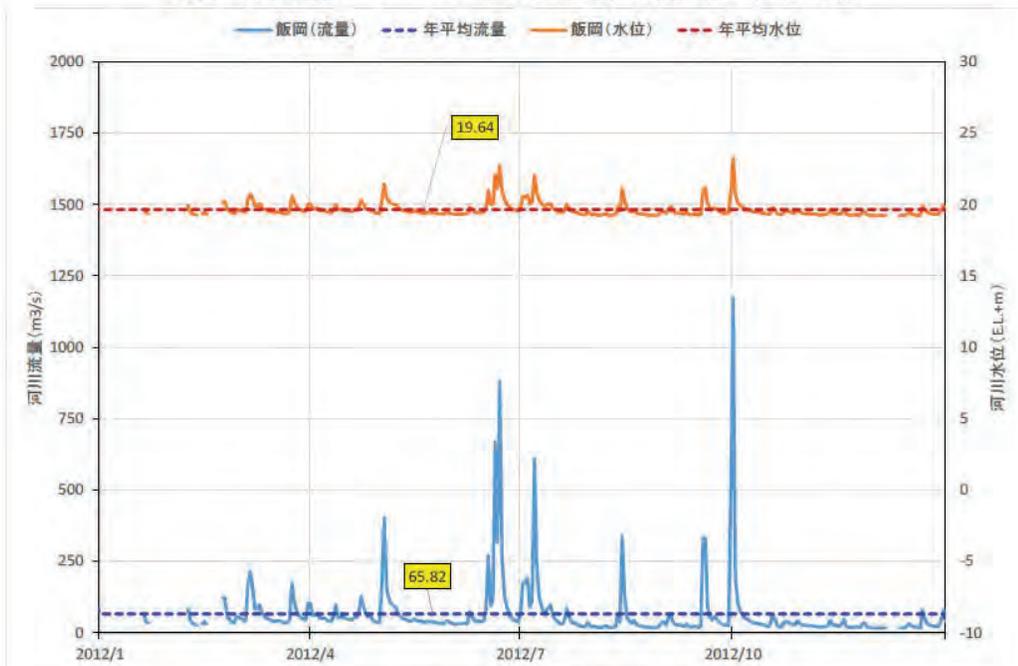


図 2-16 河川水観測結果（飯岡：2012年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

## 【八幡】

八幡観測地点の過去20年間の河川水の変動状況を図2-17に示す。また、2012年の河川水の状況は、図2-18に示すとおりである。平水年である2012年の平均流量は、56.79 m<sup>3</sup>/sであった。

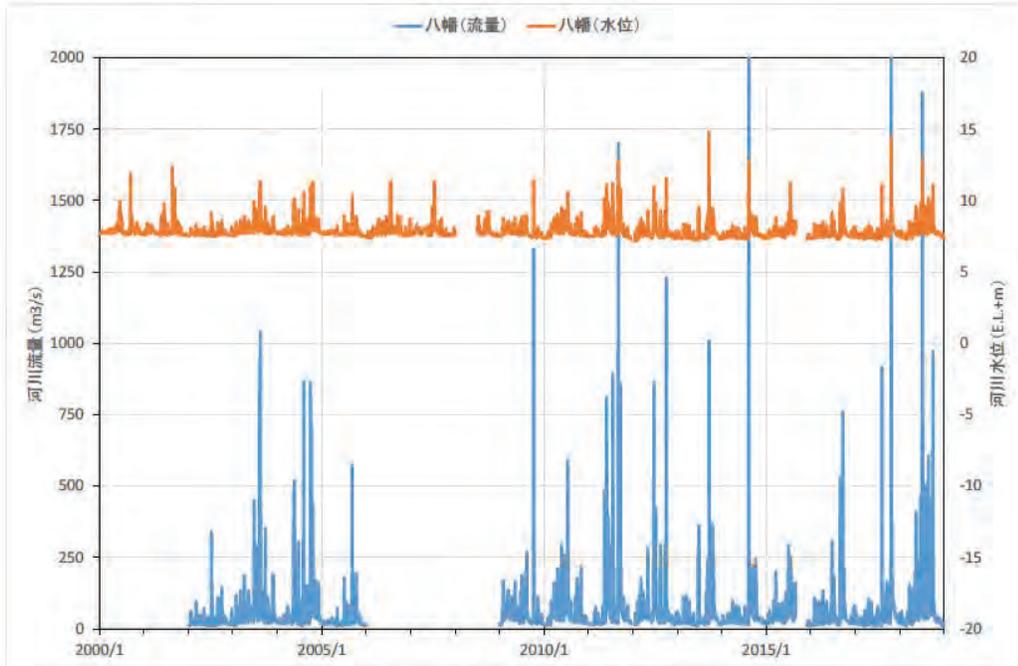


図 2-17 河川水観測結果（八幡）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

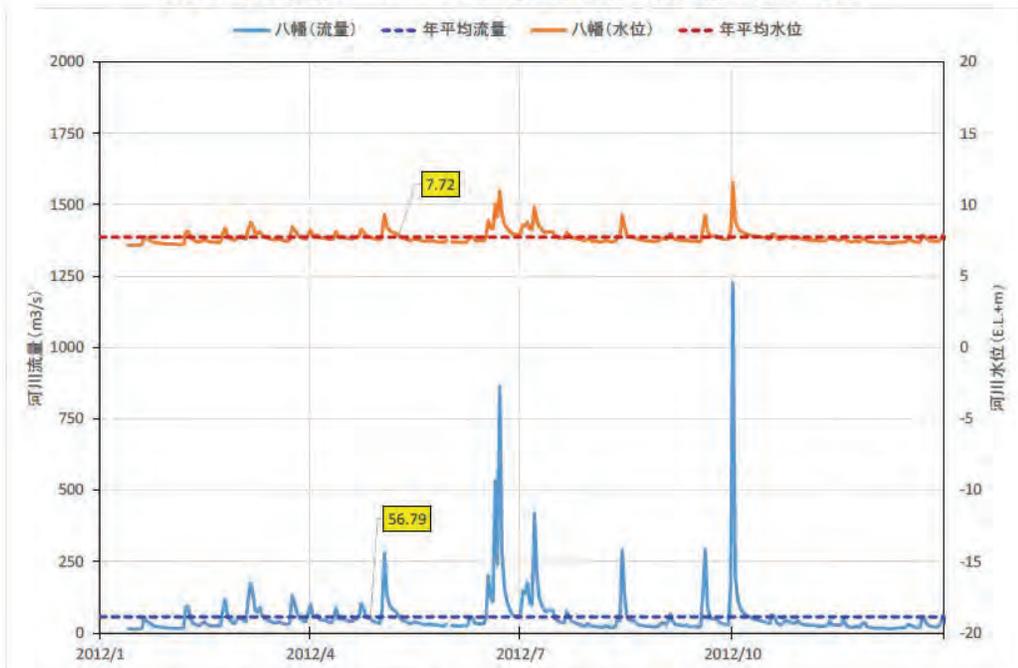


図 2-18 河川水観測結果（八幡：2012年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【保津峡】

保津峡観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-19 に示す。また、2012 年の河川水の状態は、図 2-20 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、25.13  $\text{m}^3/\text{s}$  であった。

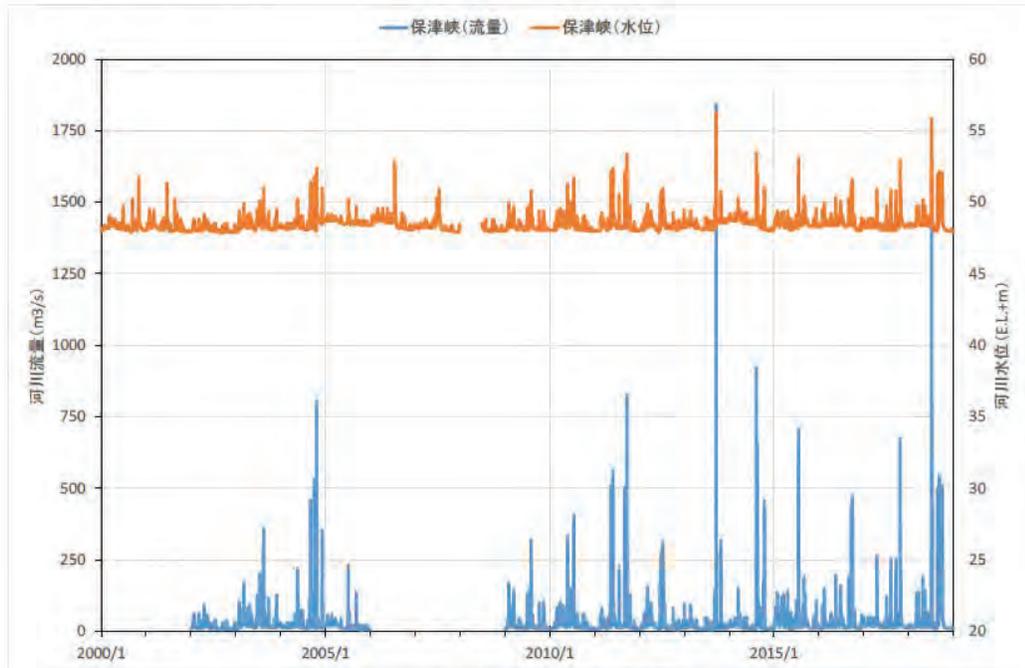


図 2-19 河川水観測結果（保津峡）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

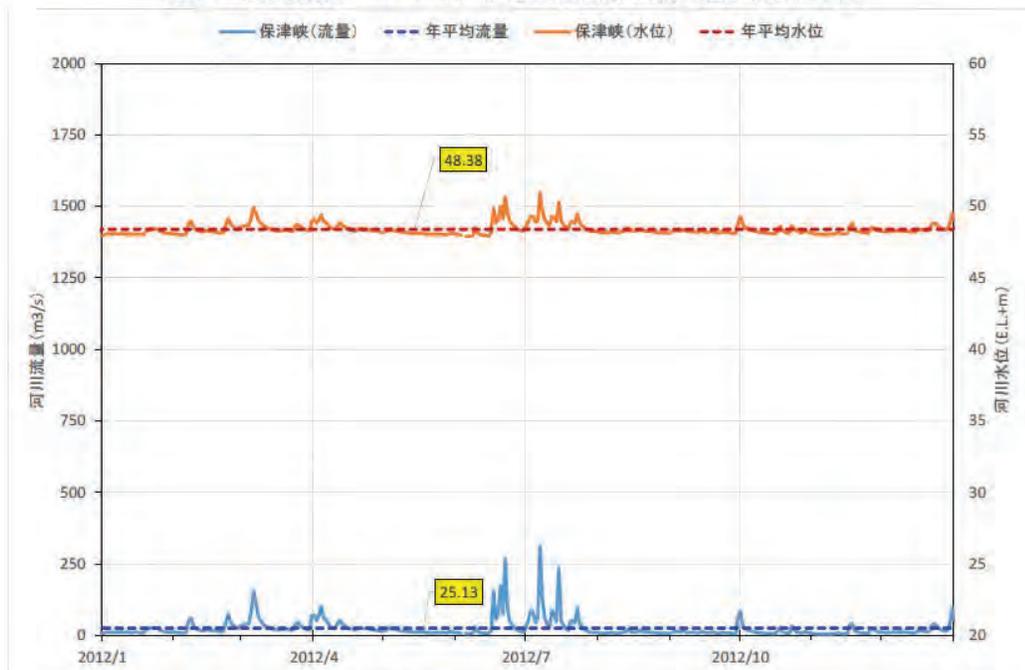


図 2-20 河川水観測結果（保津峡：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【天竜寺】

天竜寺観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-21 に示す。また、2012 年の河川水の状態は、図 2-22 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、25.75  $\text{m}^3/\text{s}$  であった。

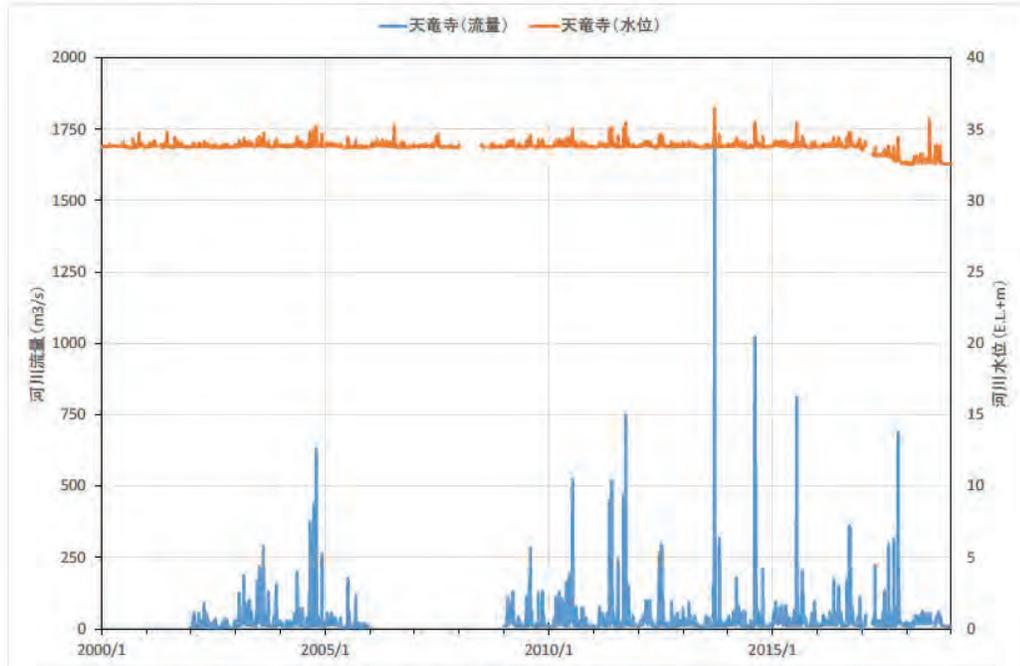


図 2-21 河川水観測結果（天竜寺）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

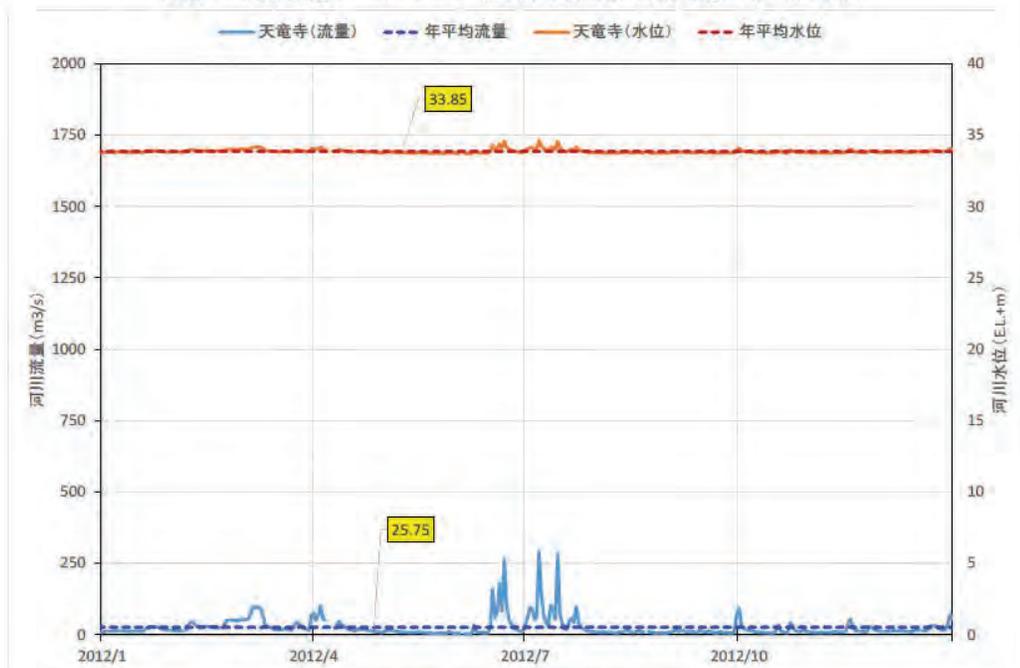


図 2-22 河川水観測結果（天竜寺：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【桂】

桂観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-23 に示す。また、2012 年の河川水の状態は、図 2-24 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、26.36m<sup>3</sup>/s であった。

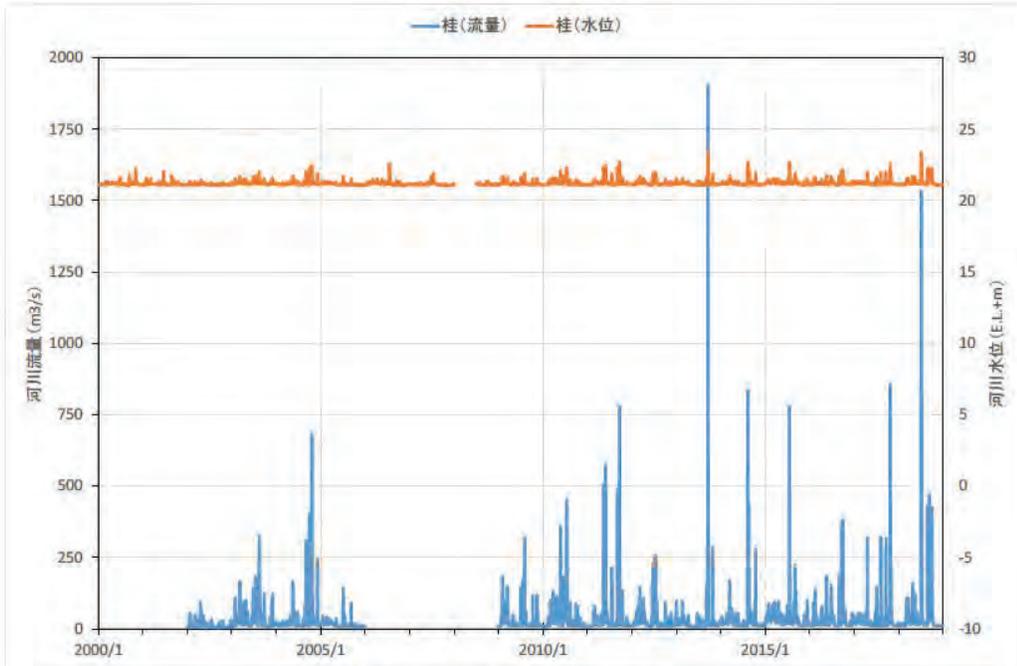


図 2-23 河川水観測結果（桂）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

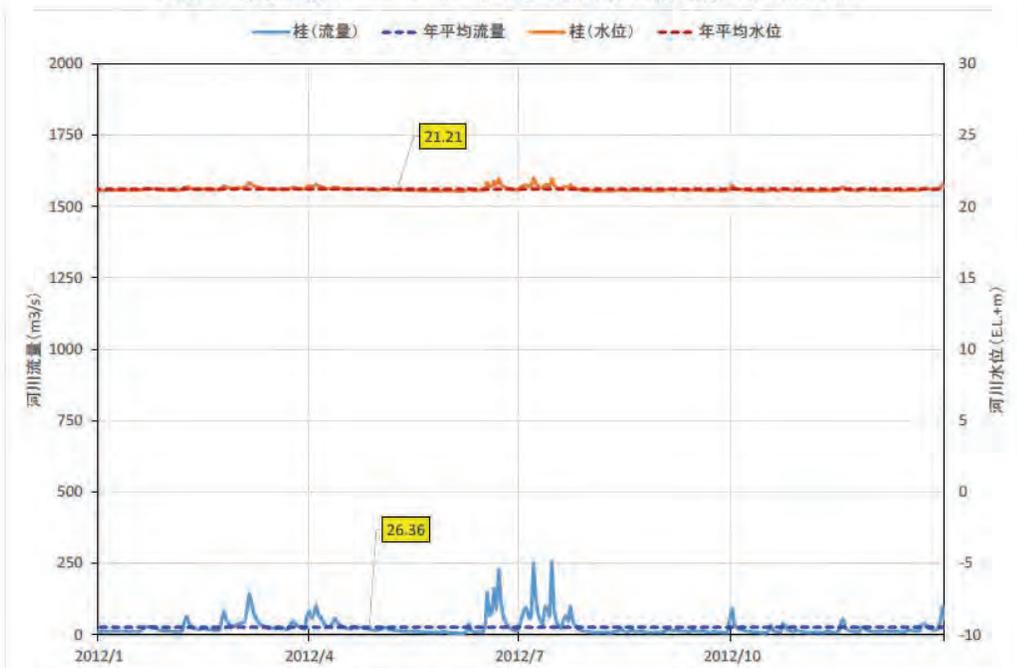


図 2-24 河川水観測結果（桂：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【羽束師】

羽束師観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-25 に示す。また、2012 年の河川水の状態は、図 2-26 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、41.38  $m^3/s$  であった。

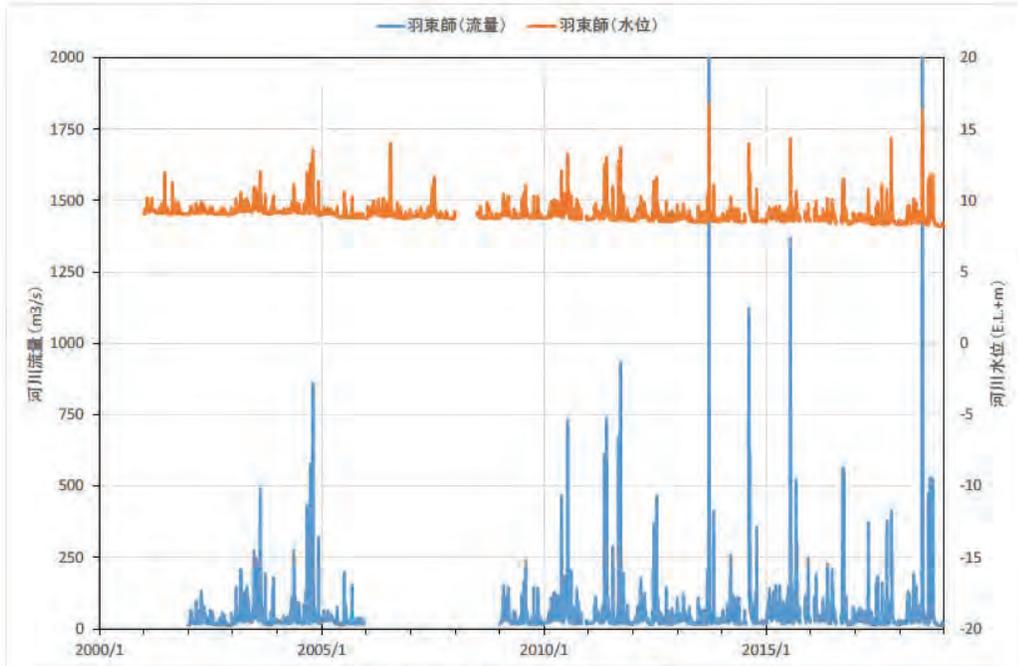


図 2-25 河川水観測結果（羽束師）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成



図 2-26 河川水観測結果（羽束師：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【納所】

納所観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-27 に示す。また、2012 年の河川水の状況は、図 2-28 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均流量は、28.79  $\text{m}^3/\text{s}$  であった。

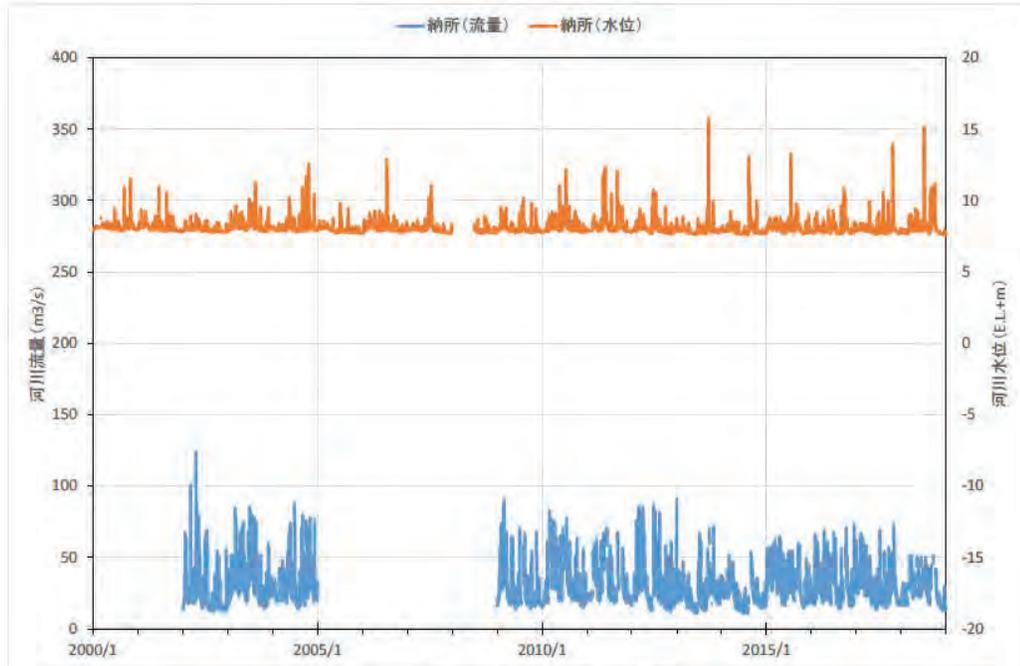


図 2-27 河川水観測結果（納所）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

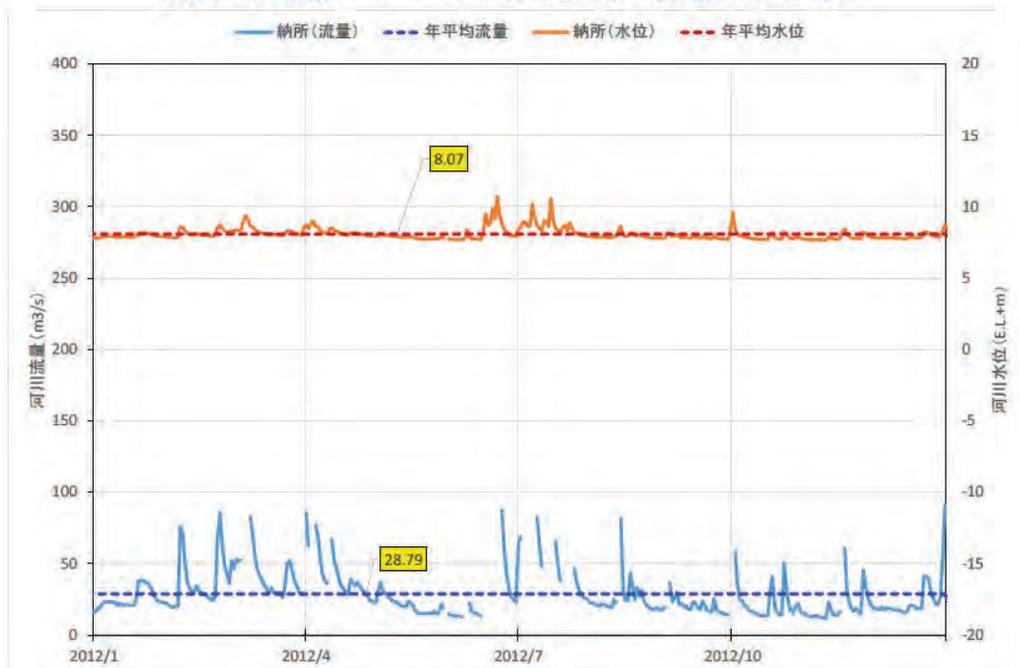


図 2-28 河川水観測結果（納所：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

【深草】

深草観測地点の過去20年間の河川水の変動状況を図2-29に示す。また、2012年の河川水の状況は、図2-30に示すとおりである。平水年である2012年の平均流量は、7.93m<sup>3</sup>/sであった。

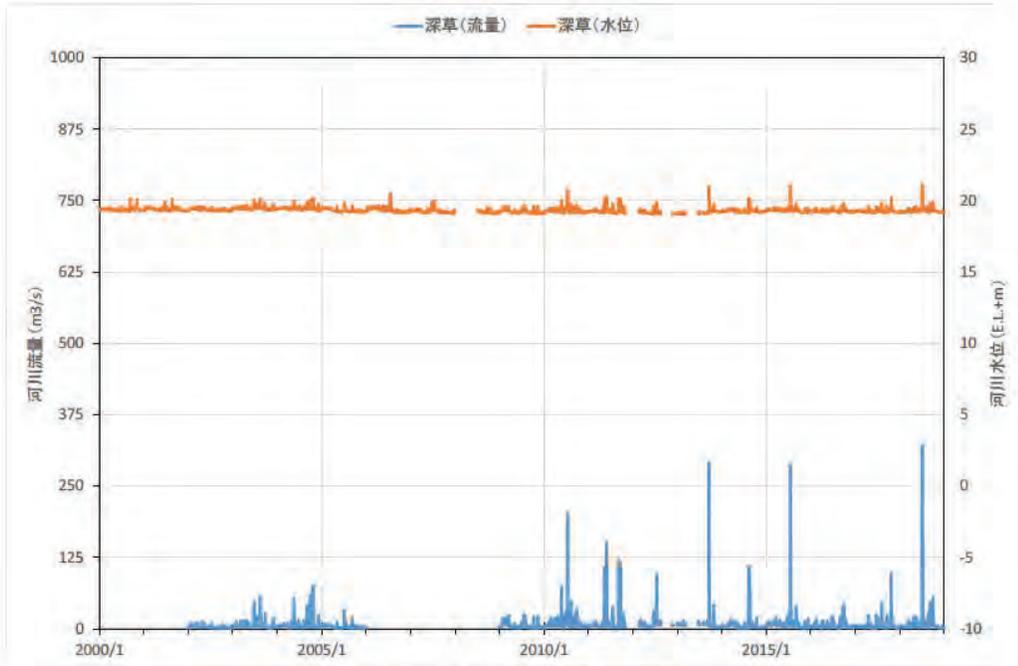


図 2-29 河川水観測結果（深草）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

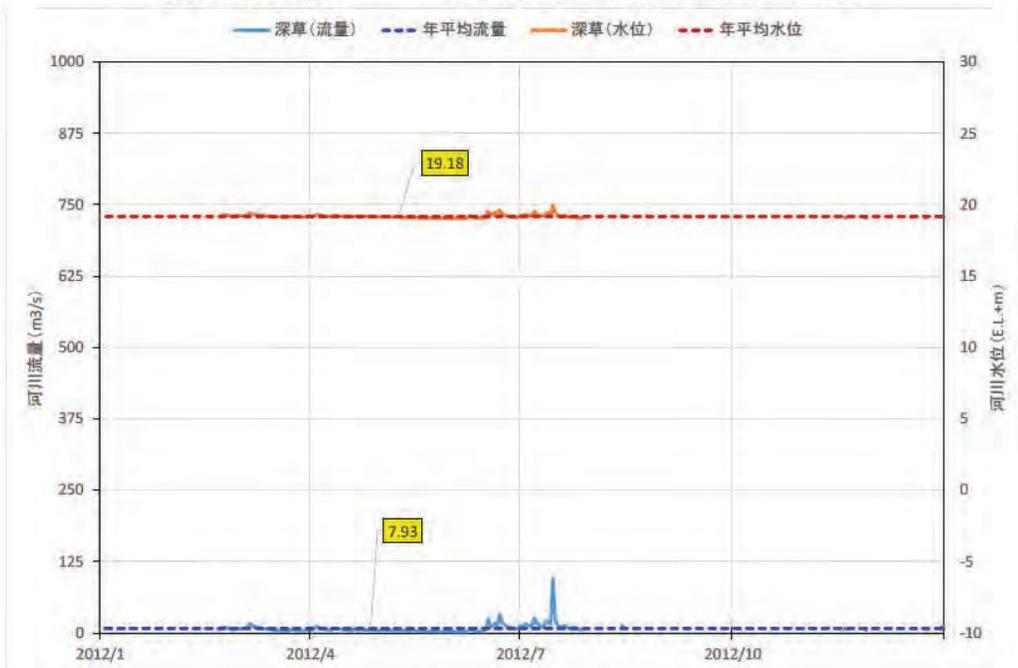


図 2-30 河川水観測結果（深草：2012年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

**【天ヶ瀬ダム】**

天ヶ瀬ダム観測地点の過去 20 年間の流入量・放流量・貯水位の変動状況を図 2-31 に示す。また、2012 年の流入量・放流量・貯水位の状況は、図 2-32 に示すとおりである。平水年である 2012 年の平均放流量は、123.82m<sup>3</sup>/s であった。

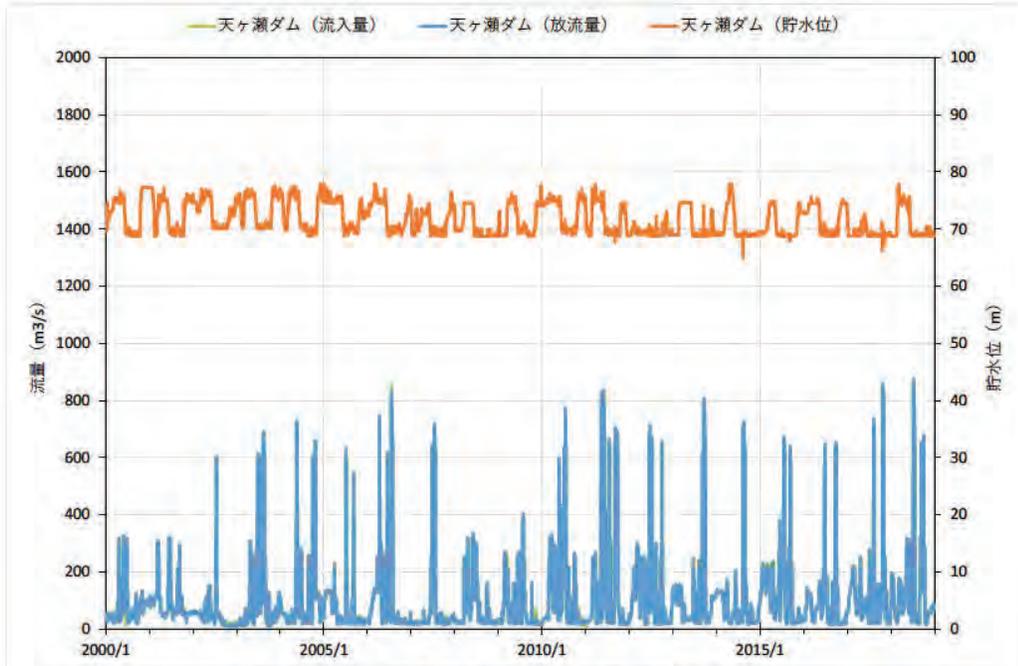


図 2-31 河川水観測結果（天ヶ瀬ダム）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

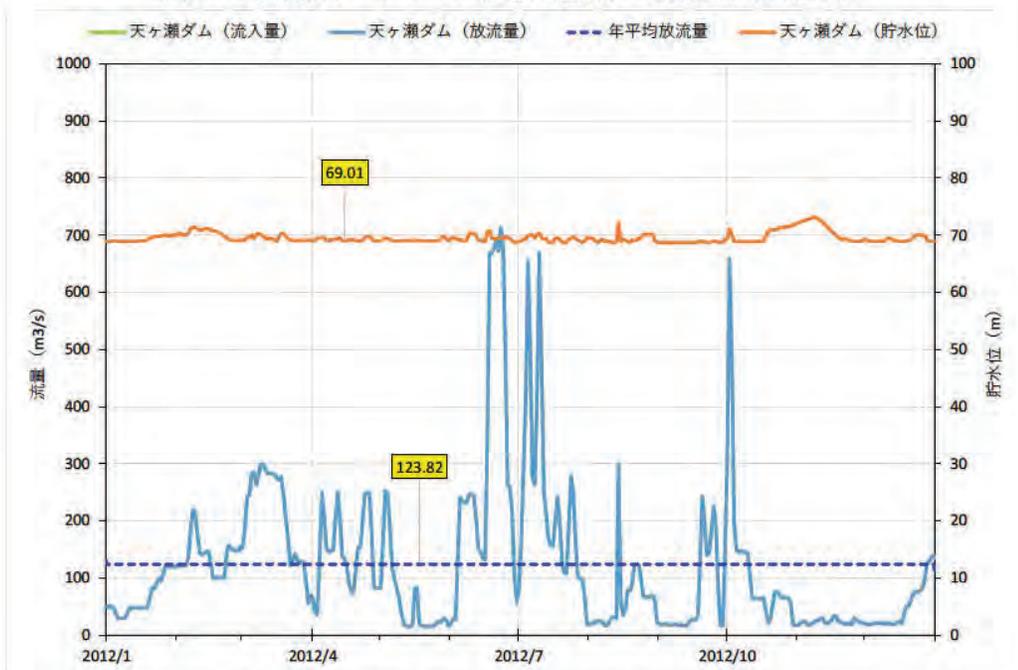


図 2-32 河川水観測結果（天ヶ瀬ダム：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【槇尾山】

槇尾山観測地点の過去 20 年間の河川水の変動状況を図 2-33 に示す。槇尾山観測地点の河川流量については公開されていない。2012 年の河川水の状況は、図 2-34 に示すとおりである。

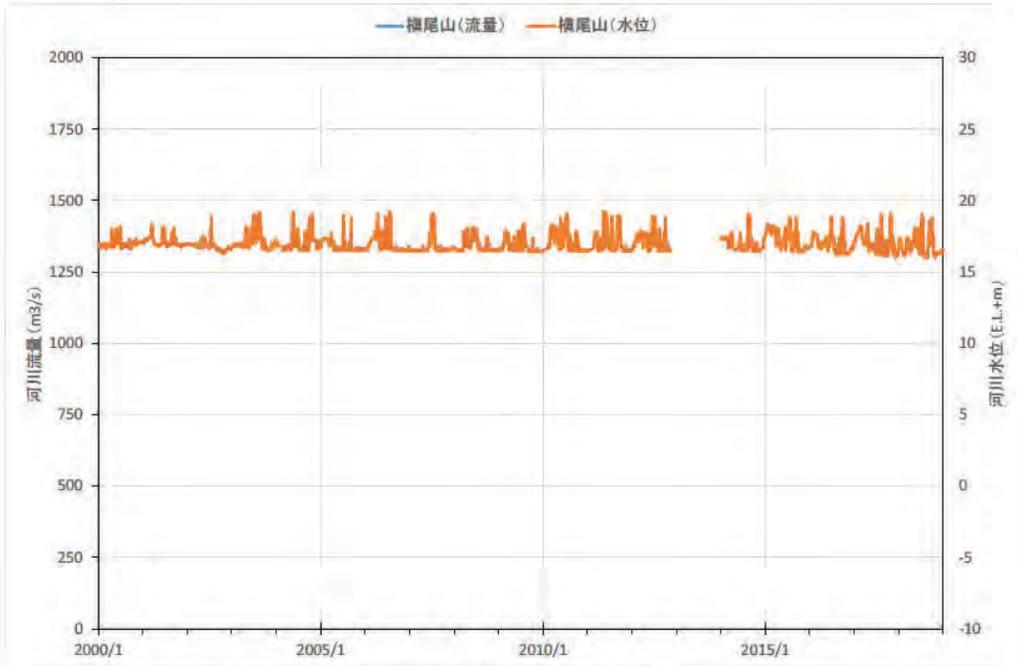


図 2-33 河川水観測結果（槇尾山）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

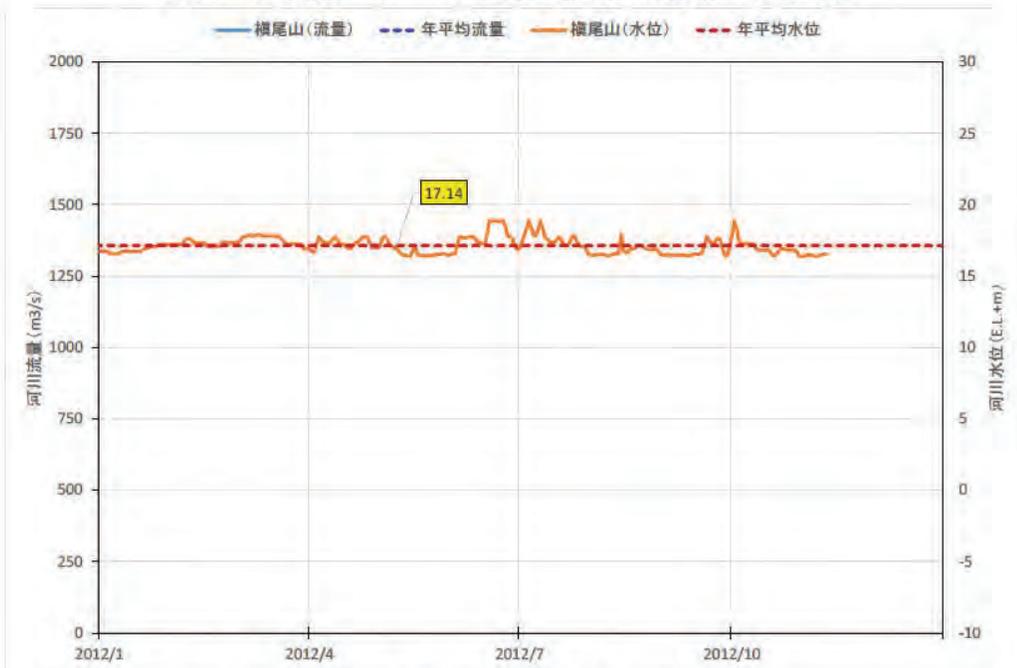


図 2-34 河川水観測結果（槇尾山：2012 年）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 【日吉ダム】

日吉ダムでは、ダムへの流入量とダムからの放流量、ダムの貯水位が観測されているが、このうち、ダム流入量が上流域の自然流量と見ることができる。2012年の場合、平均流入量は  $11.47\text{m}^3/\text{s}$  である。

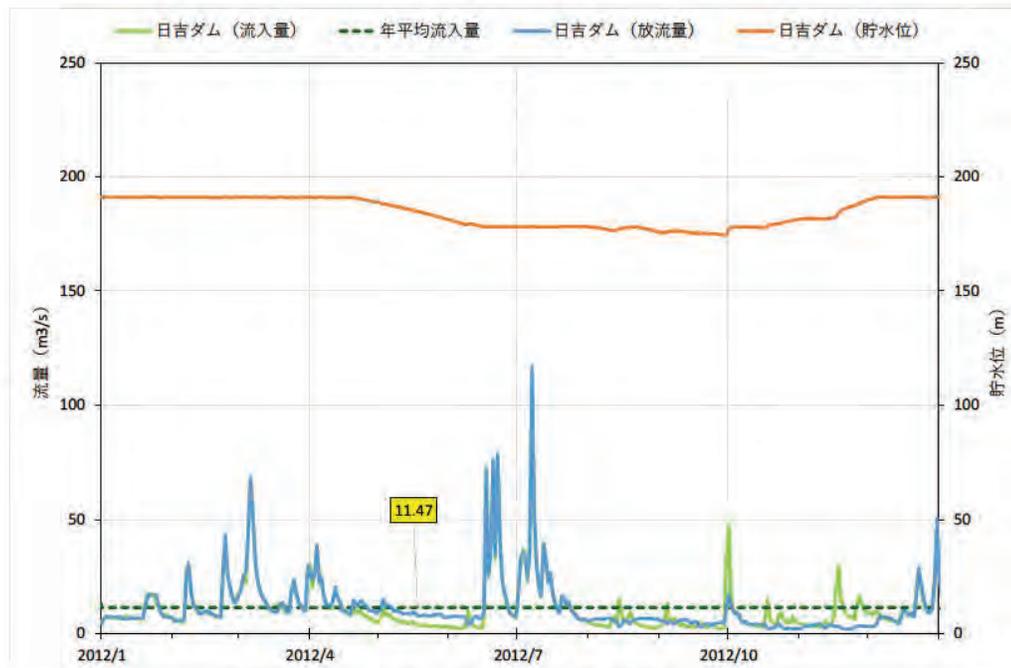
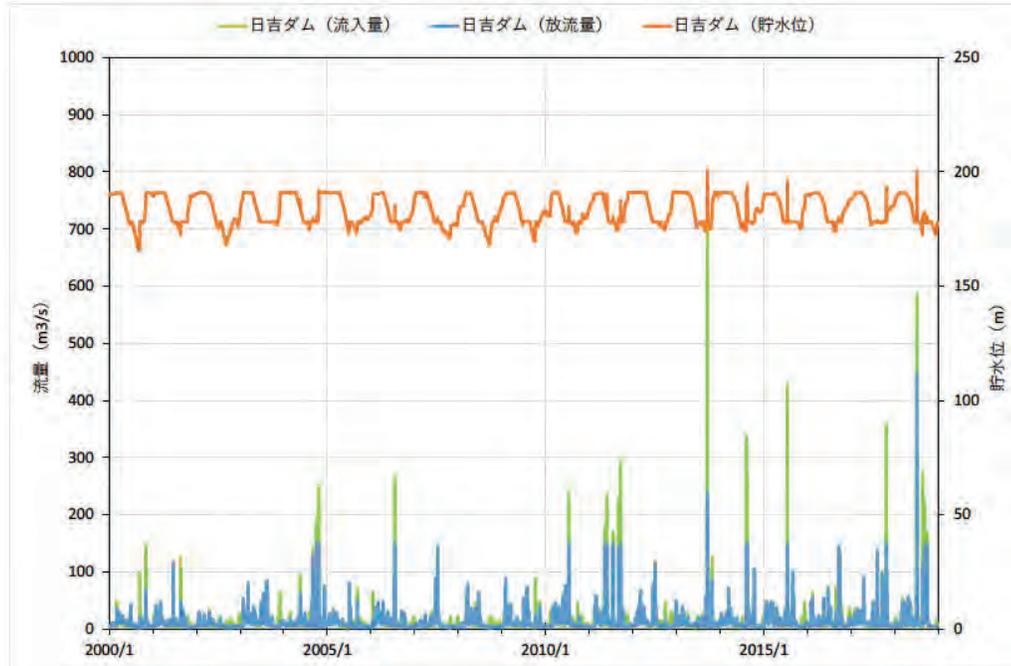
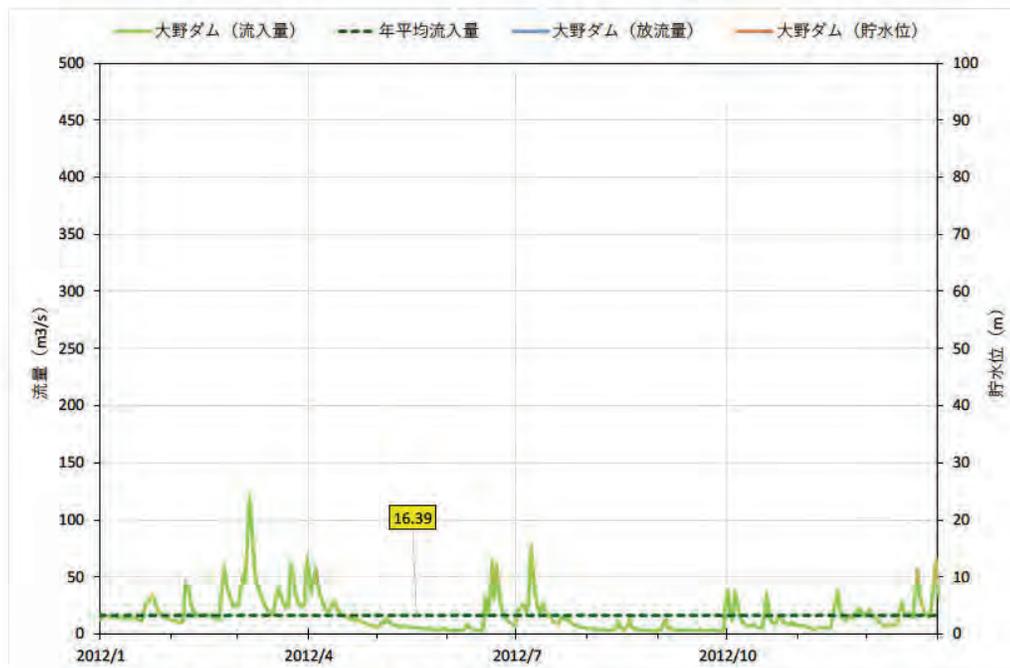
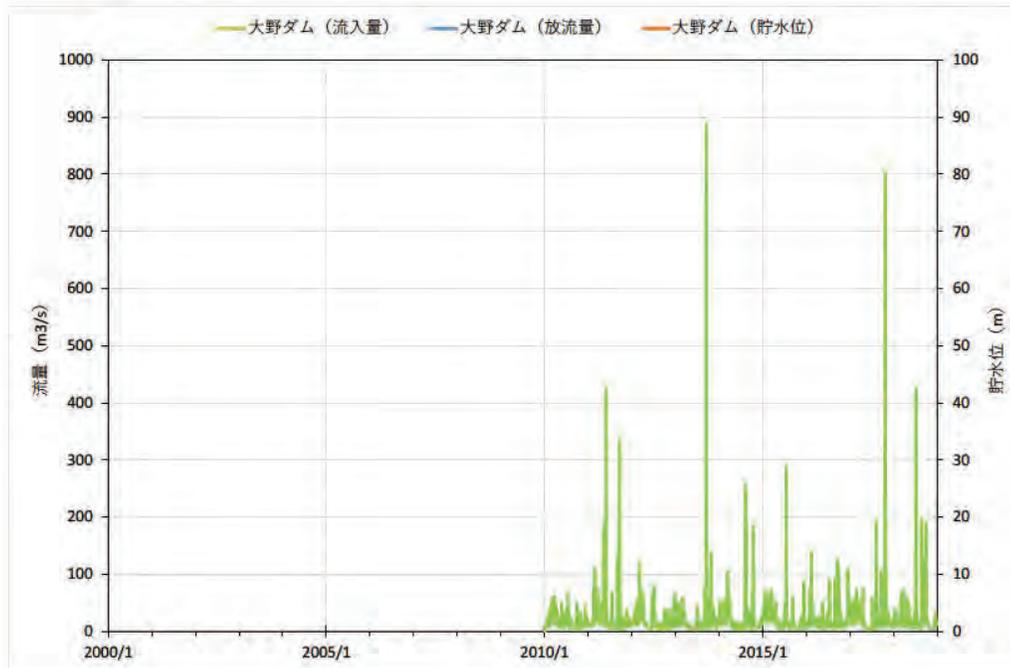


図 2-35 日吉ダム (流入量・放流量・貯水位)

出典：「水文水質データベース (国土交通省)」の観測値をもとに作成

【大野ダム】

大野ダムでは、ダムへの流入量が観測されている。2012年の場合、平均流入量は  $16.39\text{m}^3/\text{s}$  である。



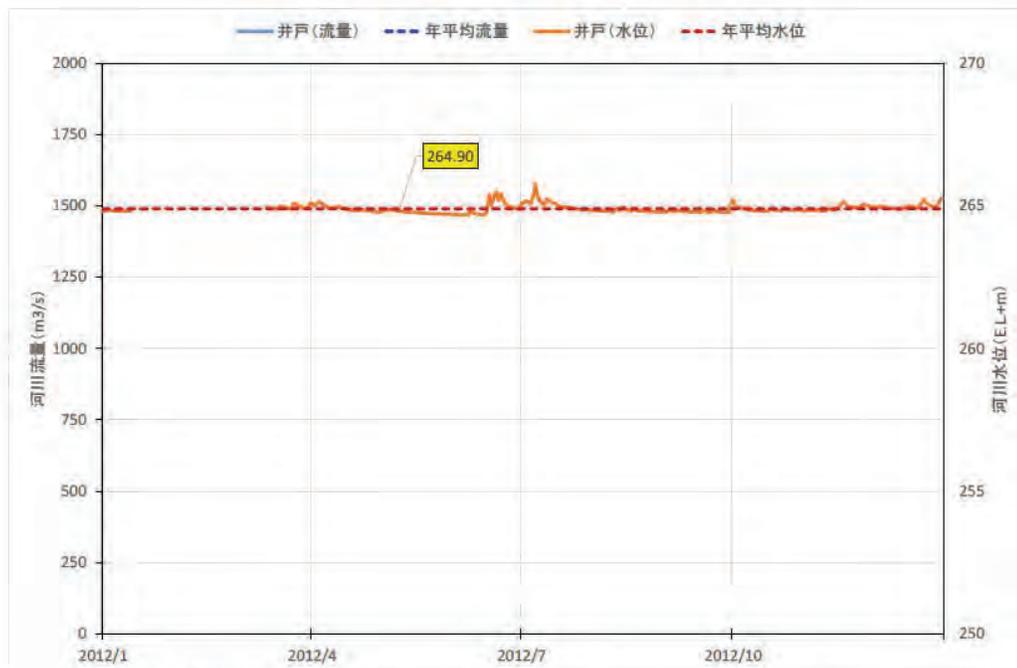
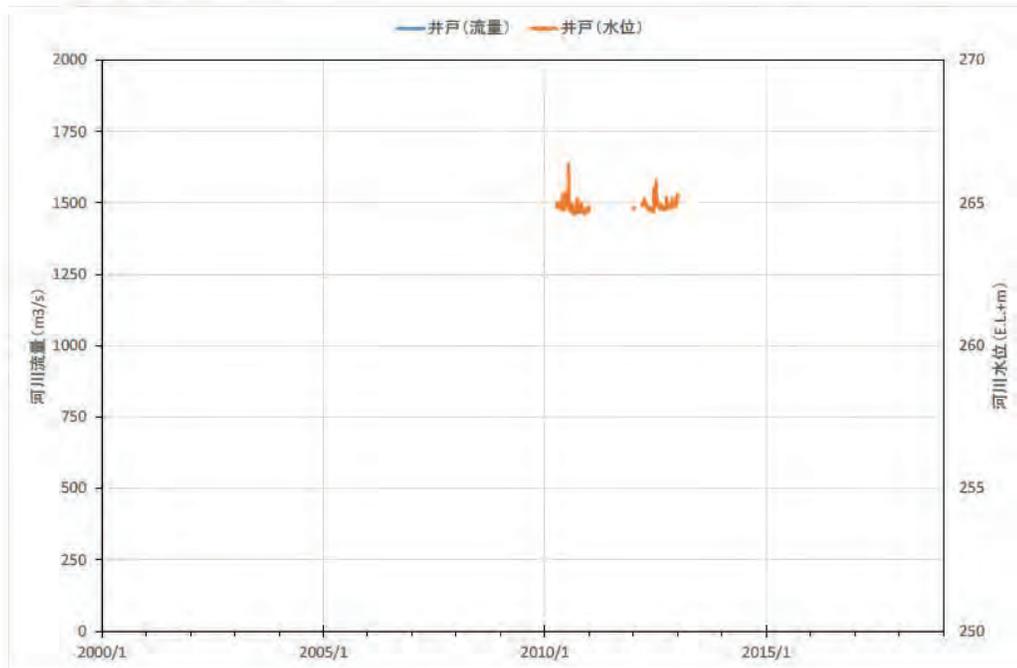
※貯水位、放流量のデータはなし

図 2-36 大野ダム (流入量・放流量・貯水位)

出典：京都府HPをもとに作成

【井戸（機構）】

井戸（機構）では、河川水位が観測されている。2012年の場合、平均水位は概ね265m付近にある。



※流量のデータはなし

図 2-37 井戸（機構）（河川水位・流量）

出典：「水文水質データベース（国土交通省）」の観測値をもとに作成

### 3. 気象状況

#### a) 観測地点

表 3-1 観測所の情報

資料(入手先)	観測所	観測所	入手データ期間(年)	収集対象要素
国土交通省 気象庁*	京北	京都市右京区京北比賀江町院谷	1976～2019	雨
	京都	京都市中京区西ノ京笠殿町京都地方気象台	1881～2019	雨、気温
	長岡京	長岡京市光風台	1976～2019	雨
	京田辺	京田辺市薪西浜	1976～2019	雨
	美山	南丹市美山町静原松野	1978～2019	雨、気温

※国土交通省気象庁/過去の気象データ検索 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)



図 3-1 気象観測所位置図

出典：「アメダス（国土交通省 気象庁）」

注：グレー背景の地点は廃止地点

b) 各観測地点の状況

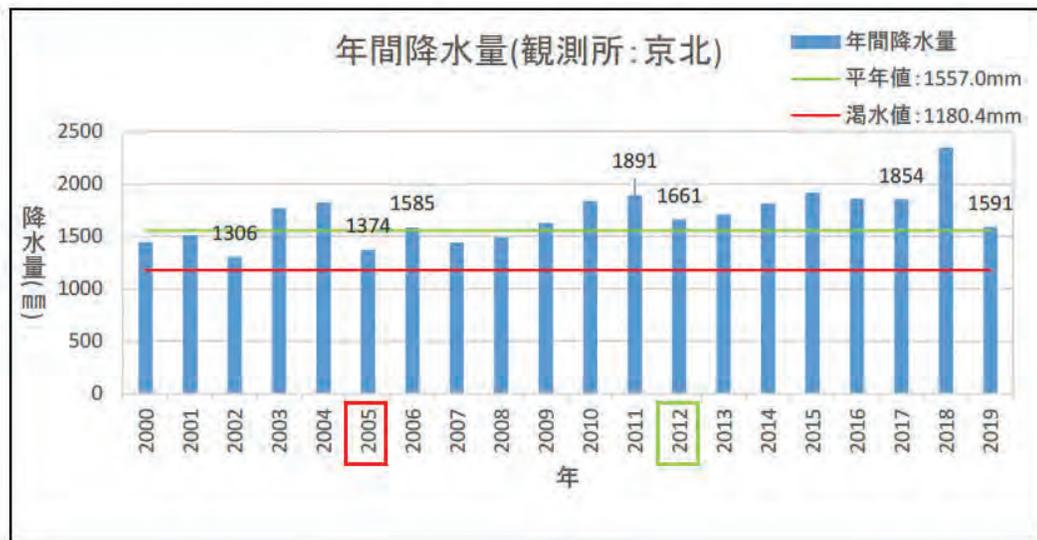


図 3-2(1) 年間降水量の推移

出典:「アメダス (国土交通省 気象庁)」の観測値をもとに作成



図 3-2(2) 年間降水量の推移

出典:「アメダス (国土交通省 気象庁)」の観測値をもとに作成

### c) 解析年の検討

確率規模の確認は、高水計画の確率水文量検討において一般的に使用される「水文統計ユーティリティ（一般社団法人国土技術研究センター）」を用いた。「水文統計ユーティリティ」は、複数の確率手法での解析が可能であり、解析結果から確率規模を確認できる。本検討では、SLSC 値（水文統計ユーティリティにおいて適合度を示す指標）が高かった「一般化極値分布」「対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法)」「対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法)」を用いた。

解析年検討の詳細を以下に示す。

#### 【京都市及びその周辺域】

##### ア) 降水量

京都盆地周辺で継続的に降水量が計測されている気象庁観測所は、京都・京北・長岡京・京田辺となる（図 3-1 参照）。京都観測所では 1881 年から観測が実施され、他地点では 1976 年からの観測が実施されていることから、確率規模の解析には「京都観測所」のデータを用いることとした。

##### イ) 確率規模

年降水量の確率規模計算結果は図 3-3 に、確率規模と水文統計量は表 3-2 に示すとおりである。確率規模 1/2（2 年に 1 度の確率規模）の降水量は 1,561.5mm、1/100 の降水量（100 年に 1 度の確率規模）は 938.1mm であった。

##### ウ) 解析年

「確率規模の確認結果」をもとに解析年の検討を行った。以下のとおり、平水年は 2012 年とした。なお、渇水年は 2005 年が該当する。

○平水年（降水量 1,561.5 mm）に最も近い年	: 2012 年の 1562.0 mm
○渇水年（降水量 938.1 mm）に最も近い年	: 2005 年の 954.5 mm

#### 【京都北部山岳区間】

##### ア) 降水量

京都北部山岳区間周辺で継続的に降水量が計測されている気象庁観測所は、京北・美山となる（図 3-1 参照）。確率規模の解析には「美山観測所」のデータを用いることとした。

##### イ) 確率規模

年降水量の確率規模計算結果は図 3-4 に、確率規模と水文統計量は表 3-3 に示すとおりである。確率規模 1/2（2 年に 1 度の確率規模）の降水量は 1,802.4mm、1/100 の降水量（100 年に 1 度の確率規模）は 1,239.0mm であった。

##### ウ) 解析年

「確率規模の確認結果」をもとに解析年の検討を行った。以下のとおり、平水年は 2012 年とした。なお、渇水年は 2005 年が該当する。

- 平水年（降水量 1,802.4 mm）に最も近い年 : 2012 年の 1,836.0 mm
- 渇水年（降水量 1,239.0 mm）に最も近い年 : 2005 年の 1,289.0 mm

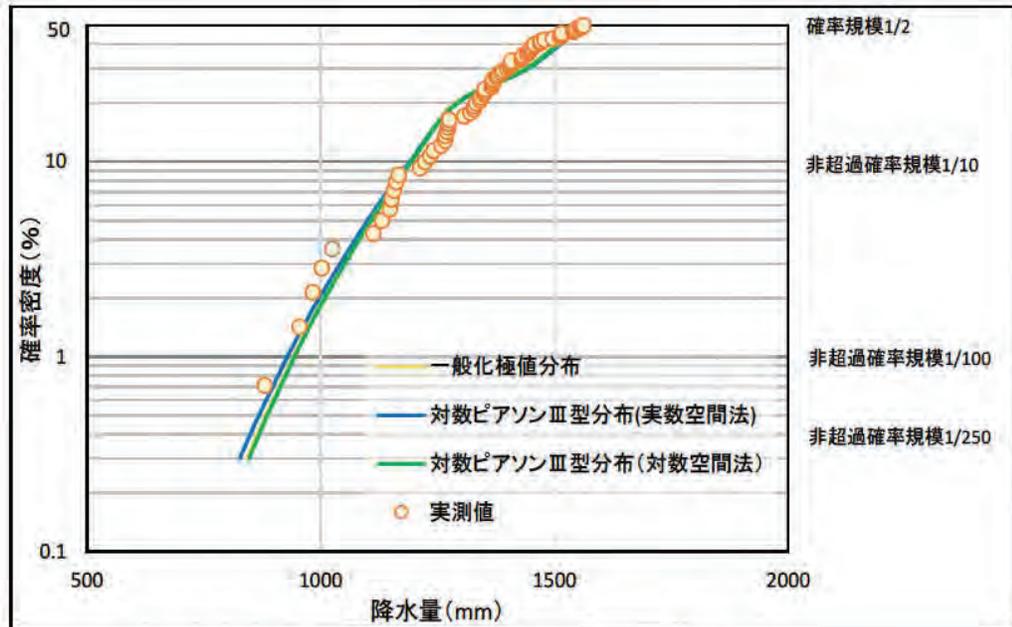


図 3-3 年降水量の確率規模計算結果（京都観測所）

表 3-2 確率規模と水文統計量（京都観測所）

非超過確率規模	降水量 (mm)
1/2 ※平水年に相当 (2年に1度程度の確率)	1,561.5
1/10 ※参考値 (10年に1度程度の確率)	1,191.8
1/100 ※渇水年に相当 (100年に1度程度の確率)	938.1
1/250 ※参考値 (250年に1度程度の確率)	860.9

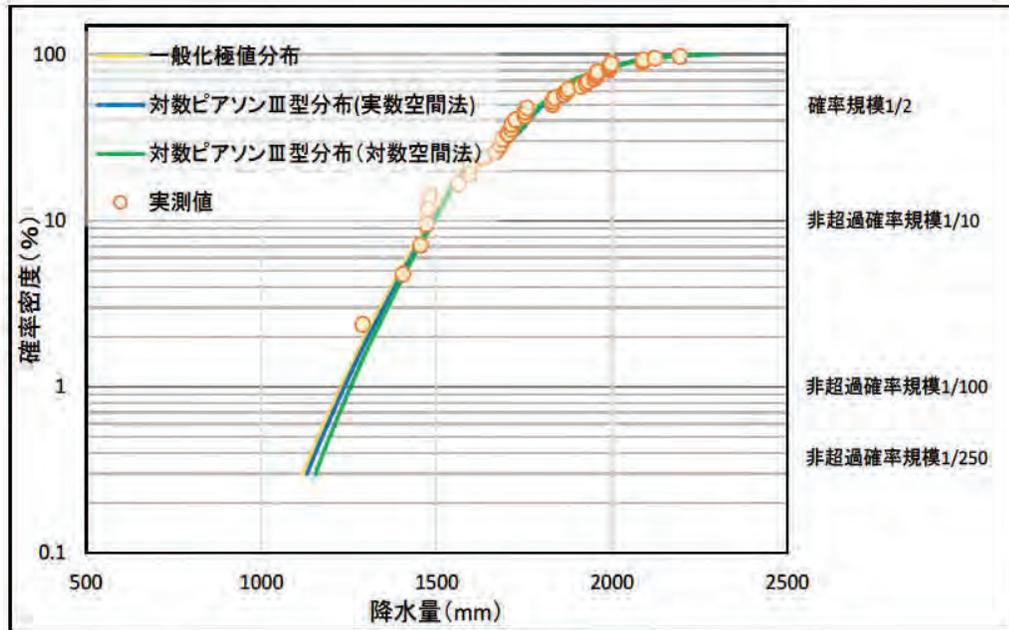


図 3-4 年降水量の確率規模計算結果（美山観測所）

表 3-3 確率規模と水文統計量（美山観測所）

非超過確率規模	降水量 (mm)
1/2 ※平水年に相当 (2年に1度程度の確率)	1,802.4
1/10 ※参考値 (10年に1度程度の確率)	1,487.6
1/100 ※渇水年に相当 (100年に1度程度の確率)	1,239.0
1/250 ※参考値 (250年に1度程度の確率)	1,158.0

#### 4. 地下構造物諸元

表 4-1 地下構造物（鉄道・道路・下水道・共同溝）の概要（対象区間と工法）

	対象区間		工法	
鉄道	地下鉄烏丸線	賀茂川横断部	シールド	
		宝ヶ池工区	NATM(防水)	
			NATM(防水) /シールド	
	全般	開削		
	地下鉄東西線	六地藏駅～醍醐駅		駅間：シールド 駅：開削
		醍醐～二条	御陵駅～蹴上駅 (東山トンネル)	NATM
			市役所前駅～烏丸御池駅 二条城前駅～二条駅	駅間：開削 駅：開削
		二条駅～太秦天神川駅	駅間：シールド 駅：開削	
	全般	駅部	開削（東西方向）	
		他	駅間：シールド 駅：開削	
阪急京都線	京都河原町駅～西院駅		開削	
京阪本線	出町柳駅～東福寺駅		開削	
JR在来線	東山トンネル		NATM	
東海道新幹線	東山トンネル		NATM	
道路	阪神高速8号京東線稲荷山トンネル		平地部：シールド 山岳部：NATM	
下水道	桂川右岸流域下水道雨水対策事業		シールド 開削（立坑）	
	七条東幹線公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	塩小路幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	鳥羽第2導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	鳥羽第3導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	大手筋幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	大手筋南幹線（その1）公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	伏見第3導水きょ公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
共同溝	津知橋幹線公共下水道工事		シールド 開削（立坑）	
	国道9号京都西共同溝事業		シールド 開削（立坑）	
	堀川共同溝シールド工事		シールド 開削（立坑）	

## 5. 水循環解析モデル (GETFLOWS) について

GETFLOWS は、登坂博行教授 (東京大学名誉教授) により、陸域で生じる様々な水問題 (水資源、水環境、水災害) において要請される実用的かつ客観的な水文・水理モデリングに供する事を目的として開発されたモデルである。

陸域における水循環系を多相多成分体系として定式化し、地下水と表流水の流れを完全連成させた分布型物理モデルで、気象条件、地表面条件、地下地層条件を個々のメッシュ物性として指定することができる。

以下に、GETFLOWS の概要を述べる。

### a) 支配方程式

#### ア) 地表流体流動

河川や山肌を流れる地表水流動は、開水路流れとしてモデル化される。図 5-1、図 5-2 に示す一様斜面の開水路を流れる水塊 (水流の横断面 A、B 間の水塊) の挙動を考える。水路幅に対して水深は十分小さいものとする、鉛直方向に平均化した浅水流近似を適用することができる。水流の駆動力は地形勾配及び水深勾配であり、これに底面から作用する摩擦力や系外との出入りを付与すると、運動方程式は次のように表される。

$$\beta \frac{1}{g} \frac{\partial v_x}{\partial t} = \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta_x - \frac{\partial h_{fx}}{\partial x} - \frac{\alpha}{2g} \frac{\partial v^2}{\partial t} - \frac{P_r v_x}{g h} \quad (1)$$

ここに、

$\theta_x, \theta_y$  : 流動方向毎の斜面勾配 [—]

$h$  : 水深 [L]

$h_{fx}, h_{fy}$  : 流動方向毎の摩擦損失 [—]

$v_x, v_y$  : 水深で平均化した流動方向毎の流速 [LT<sup>-1</sup>]

$\xi$  : 開水路高 [L]

$\alpha$  : エネルギー補正係数 [—]

$\beta$  : 運動量補正係数 [—]

$P_r$  : 降雨量 [LT<sup>-1</sup>]

$g$  : 重力加速度 [LT<sup>-2</sup>]

$t$  : 時間 [T]

$x, y$  : 流動方向成分の距離 [L]

上式の右辺第一項は斜面勾配による駆動力 (重力項)、第二項は水深勾配による駆動力 (圧力項)、第三項は摩擦による抵抗力 (摩擦項)、第四項は運動量の収支 (速度項)、第五項は降雨による運動量の損失項を示す。

左辺は、これらの外力の帰結として生じる水流の速度変化 (慣性項) を示す。

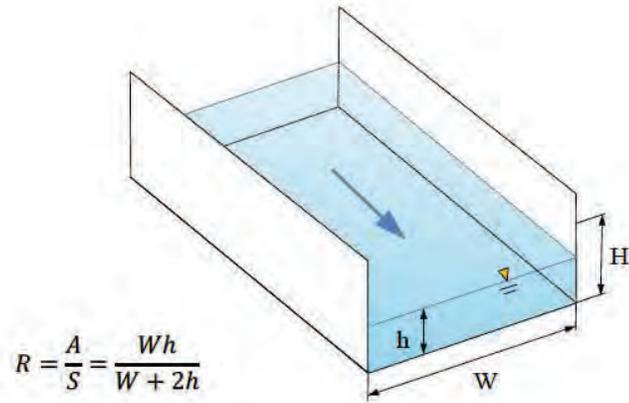


図 5-1 開水路流れの模式図

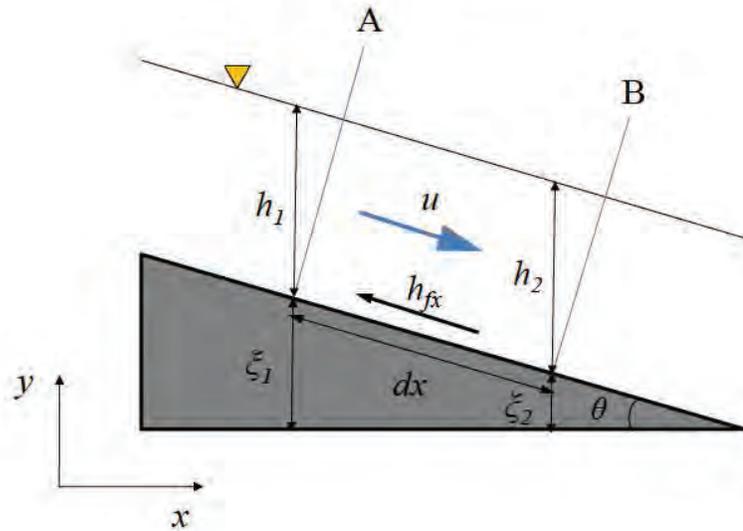


図 5-2 開水路の水塊の運動

1) 連続の式

流路幅が一定でない流れに対する水塊の質量保存の関係式は、それぞれの流動方向成分に対して次のとおり表される。

$$\frac{\partial \rho v_x A_x}{\partial x} + \frac{\partial \rho A_x}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

ここに、 $\rho$  は水の密度、 $A_x$  は  $x$  方向の断面積 ( $L^2$ ) で、特に流路幅  $W_i$  ( $i=x, y$ ) が一定である場合は  $A_x = Wh$  であり、上式は次のように表される。

$$\frac{\partial (v_x h)}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

り) 平均流速公式

開水路の実験により、水塊の重さの流れ方向成分と潤辺に沿った摩擦抵抗が釣り合う等流条件では、以下の平均流速公式 (Manning の公式) が成り立つことが知られている。

$$v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{\frac{\partial \eta}{\partial x}} = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{i_g} \quad (4)$$

ここに、 $R$ は水力学的水深を表す径深 (hydraulic radius) であり、流路断面積  $A$  及び潤辺長  $S$  (wetted perimeter) を用いて図 5-1 に示す関係で定義される。 $i_g$ は流れ方向の流路床勾配を示す。 $n$ はマンニングの粗度係数 (Manning' s Roughness Coefficient) であり、河床形状・材料、地表植生 (森林、草地、畑地など)、人工被覆 (舗装面など) に応じて個々の計算メッシュに対して与えられる。マンニングの粗度係数の次元は  $L^{-1/3}T$  であり、SI 単位系では  $m^{-1/3}s$  となる。

イ) 開水路流れの近似式

原理的には、前記の運動方程式と連続方程式を連立させて解けば、任意の地点の水深と流速を得ることができ、地表水の挙動が追跡可能となる。しかし、運動方程式をそのまま解くことは可能であるが、時間刻みは小さくなり、実際の河川問題の時間スケールでの予測には使えない。そこで、主たる寄与をする項のみを考慮して運動方程式を簡略化した近似式が用いられる。

表 5-1 は(1)式に示した地表水の運動方程式における各項の大きさがある瞬間的な流れの実際の計測結果に基づき、それぞれの流れの種別毎に全体を 100%として表したものである。

表 5-1 地表水の流れを記述する運動方程式の各項の寄与

種別	慣性項 $\beta \frac{1}{g} \frac{\partial v_x}{\partial t}$	速度項 $\frac{\alpha}{2g} \frac{\partial v_x^2}{\partial x}$	圧力項 $\frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta_x$	重力項 $\frac{\partial \xi}{\partial x}$	摩擦項 $\frac{\partial h_{fx}}{\partial x}$
河川	0.10	0.30	0.91	9.80	48.89
人工水路	0.36	0.36	72.53	3.45	13.30
地表流	0.37	0.37	3.70	7.78	47.78

(Gunaratnum and Perkins, 1970、関根、2005)

いずれの種別においても圧力項、重力項及び摩擦項の合計が 99%以上を占め、慣性項、速度項の寄与は双方合わせても 1%にも満たないことがわかる。そこで、次の 3 つの近似式が考案されている。

ハ) 運動波近似 (Kinematic wave approximation)

運動波近似では、微小な時間間隔における水塊の定常流れを仮定し、運動方程式中の重力項と摩擦項が釣り合う等流状態を考える。

すなわち、

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{\partial h_f}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

上で述べたマンシングの等流状態の平均流速公式を用いると、この近似は次のように表される。

$$\frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} - \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

流れの方向成分を考慮した流量公式として一般化すると、次のように表される。

$$Q_{w,x} = -v_x W_x h = -\frac{W_x h}{n} R_x^{2/3} \sqrt{\left| \frac{\partial \xi}{\partial x} \right|} \operatorname{sgn} \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right) \quad (7)$$

ここに、 $\operatorname{sgn}()$ は摩擦項の向きによって決まる正負の符号を表し、摩擦項が正のとき1、負のとき-1をとる。

この近似は単一斜面や水路の流れを実用的な精度で計算できるが、洪水波の減衰や変形を考慮することができない。すなわち、部分的に勾配が変化する斜面では、その連結部分で不適切な解がでる。また、斜面勾配が緩やかで波の伝播速度が小さく、水深勾配を無視できない場所での流れの表現には適さない。

#### カ) 拡散波近似 (Diffusion wave approximation)

拡散波近似では、圧力項までを考慮した次の運動方程式を考える。

$$\frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta - \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} - \frac{\partial h_f}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

マンシングの平均流速公式を用い、流れの方向成分を考慮した流量公式として一般化すると次式を得る。

$$Q_{w,x} = -v_x W_x h = -\frac{R_x^{2/3} W_x h}{n} \sqrt{\left| \frac{\partial h_f}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta \right|} \operatorname{sgn} \left( \frac{\partial h_f}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta \right) \quad (9)$$

拡散波近似では圧力勾配も駆動力となっているため、部分的に勾配が変化する斜面や水深勾配を無視できない場所での流れの表現に適している。

#### キ) 線形化拡散波近似 (Linearized diffusion wave approximation)

拡散波近似では強い非線形性が生じるため、これに付随する収束性の悪化を回避する観点から、水深勾配が十分小さい状況を想定し、拡散波近似を変形した以下に示す線形化拡散波近似が考案されている。

$$Q_{w,x} = -v_x W_x h = -\frac{R_x^{2/3} W_x h}{n(\rho_w g |i_g|)^{1/2}} \left( \frac{\partial h_f}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \cos^2 \theta \right) \quad (10)$$

b) 地下流体流動

空気・水 2 相流れの支配方程式は、以下のように表される。

$$\nabla \cdot \left( \rho_w \frac{K k_{rw}}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) - \rho_{ws} q_{ws} = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_w \varphi S_w) \quad (11)$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_g \frac{K k_{rg}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) - \rho_{gs} q_{gs} = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_g \varphi S_g) \quad (12)$$

上式は多孔質媒体中の水、空気に関する質量保存則を表す。各式の左辺第 1 項は一般化ダルシー則を適用した流動項（移流項）、第 2 項は生産項、右辺は貯留項を示す。

式中の記号の説明は以下のとおりである。

- $K$  : 絶対浸透率 ( $\text{m}^2$ )
- $S_p$  : 流体相  $p (=w, g)$  の飽和度 (-)
- $\mu_p$  : 流体相  $p (=w, g)$  の粘性係数 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )
- $\rho_p$  : 流体相  $p (=w, g)$  の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $\Psi_p$  : 流体相  $p (=w, g)$  のポテンシャル ( $\text{Pa}$ )
- $\varphi$  : 間隙率 (-)
- $t$  : 時間 ( $\text{s}$ )
- $q_{ps}$  : 流体相  $p (=w, g)$  の生産・消滅量 ( $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{s}$ )

なお、上式中の浸透率・相対浸透率は方向性を持ち、テンソル量 ( $3 \times 3$  のマトリックス) である。上式中の水相、空気相のポテンシャルは、それぞれ次式で表される。

$$\Psi_w = P_g - P_{cw} + \rho_w g Z \quad (13)$$

$$\Psi_g = P_g + \rho_g g Z \quad (14)$$

ここに、 $P_g$  は空気相圧力、 $P_{cw}$  は毛管圧力であり、 $Z$  は標高（上方に正にとった距離）である。また、飽和率の間には次の関係がある。

$$S_w + S_g = 1 \quad (15)$$

上式の未知変数は、空気相の圧力  $P_g$  と水飽和率  $S_w$  であり、本シミュレータでは、両状態量を同時完全陰解法により解く。

c) 地表・地下流体の完全連成

陸面を流れる地表水と地下地層中の水、空気 2 相圧縮性流体の同時流れは、流体相毎に質量収支式を適用した次の支配方程式によって記述される。

$$-\nabla M_p - \rho_p q_p = \frac{\partial(\rho_p \phi S_p)}{\partial t} \quad (16)$$

ここに、 $M_p$ は流動による質量フラックス(kg/m<sup>2</sup>/s)、 $p=(a:air, w:water)$ は流体相を示す添字である。地上、地下の流体相互作用は、それぞれの流速公式を左辺第一項の流動項に適用し、それらを同時陰的に解くことで考慮される。地上流体は、上式を水相( $p=w$ )のみに適用し、マニング型の開水路流れを記述する浅水波方程式に拡散波近似を適用した(9)式を用い次式で表される。

$$M_w = -\frac{\rho_w R_x^{2/3} W_x \dot{h}}{n} \sqrt{\left| \frac{\partial \dot{h}_f}{\partial x} - \frac{\partial \dot{h}}{\partial x} \cos^2 \theta \right|} \operatorname{sgn} \left( \frac{\partial \dot{h}_f}{\partial x} - \frac{\partial \dot{h}}{\partial x} \cos^2 \theta \right) \quad (17)$$

地下流体に対しては、水、空気 2 相 2 成分流体系にダルシー型の流速公式を適用した(10)、(11)式を用い、次式により表される。

$$M_p = -\frac{\rho_p K k r_p}{\mu_p} \nabla (P_p + \rho_p g z) \quad (18)$$

ここに、 $K$ は絶対浸透率(m<sup>2</sup>)、 $k r_p(S_p)$ は飽和度の非線形関数で表される相対浸透率(-)、 $\mu_p$ は粘性係数(Pa・s)、 $P_p$ は流体圧(Pa)、 $g$ は重力加速度(m/s<sup>2</sup>)、 $z$ は基準高さ(m)である。各相の流体圧の間には  $P_a = P_w + P_c(S_w)$  の関係が成り立つ。 $P_c(S_w)$ は水飽和度の関数となる毛管圧(Pa)を示す。地上、地下流体が出入りする陸面境界での質量フラックスは、疑似毛管圧力、疑似相対浸透率と呼ばれる 2 相流曲線を与えて評価する。この 2 相流曲線は(3)式に用いられた地層媒体へ与える不飽和物性(相対浸透率、毛管圧)と同等の取扱いを地上の自由空間と地下のポテンシャル差を表現できるよう拡張したパラメータであり、湧水や雨水浸透、それに伴う空気の地下侵入や流出といった地上-地下間の連続した流体移動を統一的記述のもとで解析するものである。

#### d) 数値解法

空間離散化は、複雑な地形起伏や地盤物性分布を完全 3 次元メッシュによって表現可能な積分型有限差分法 (Integral Finite Difference Method: IFDM) による。メッシュ形状には、コーナーポイント型差分メッシュと呼ばれる多面体形状を用いることができ、それぞれのメッシュ体積及び隣接メッシュ間の浸透率を正確に評価する。本手法は、メッシュ毎の厳密な質量収支を保存することができるため、油層工学など、多相流れを取り扱う分野に多くの適用実績をもつ。

強い非線形性を有する 3 次元流体問題を解く必要性から、時間離散化には方程式系の完全陰的有限差分展開を行ったものにニュートン・ラブソン法を適用し、各流体成分の方程式を反復的に解く手法を採用している。

基本方程式を上記 IFDM によって空間離散化すると 7 重対角行列を係数行列とした連立方程式を得る。行列の各成分は解くべき変数である空気相圧力、水相飽和度を未知数とした  $2 \times 2$  小行列となり、システム全体の自由度はメッシュ数  $NBLK \times$  未知数  $NEQ (=2)$  となる。これを、Nested Factorization と呼ばれる三次元構造メッシュの入れ子構造に着目した前処理を行い共役残差法で解く。上述した流体圧縮性や 2 相流パラメータの非線形性はニュートン・ラブソン法により繰り返し収斂させる。

また、大容量計算を高速処理するため、非線形反復過程の中で収斂したメッシュをソルバーから自動的に除外する逐次陽化処理 (Successive Locking Process) や領域分割 (Domain Decomposition) 法による高速並列計算の採用し、大規模 3 次元問題をより効率的に解く。

## 6. Dg1 層細分化の根拠について

本解析では、これらの調査結果をもとに、以下に示す要領で Dg1 層を Dg1 層（上）、Dc1 層、Dg1 層（下）に細分し、三次元地質モデルに反映した。

以下の a) から e) に Dg1 層細分化の根拠とした、既往地質調査結果を示す。

### <Dg1 細分化の要領>

#### ① Dc1 層上面までの深さ

図 6-1 より、Dc1 層上面は深度 20～30m 程度と考えられる。また、 のボーリング調査の結果（図 6-12 参照）においても、Dc1 層上面までが深度 30.95m であった。このことから、 のボーリングを代表として、Ma9 層上面深度 66m に対する、Dc1 層上面深度 30.95m の比を 0.47（深度 30.95m / 深度 66m）とし、Dc1 層の上面までの深度を設定した。

#### ② Dc1 層の厚さ

Dc1 層の厚さは、伏見区域の文献（図 6-1 参照）、KD-1、KD-2、KD-0、既往ボーリング No. 2、3、4、 ボーリング（図 6-4～図 6-12 参照）の層厚の平均値を採り 4.8m とした。但し、層厚 4.8m の設定により、Dc1 層下面が Ma9 層上面に達する場合は、Ma9 層上面を優先し Dc1 層の層厚を減ずるものとした。

#### ③ Dc1 層の分布範囲

既往ボーリング No. 1（図 6-8 参照）では、Dc1 層相当の粘性土層を確認できなかったが、No. 1 よりやや南の地質断面 II-II' では、深度 20～30m に礫層下位の粘性土層の存在が確認できた（図 6-13 参照）。また、北は KD-2、南は KD-0 で Dc1 層相当の粘性土層が確認できた。これらの結果から、京都盆地全域に Dc1 層相当の粘性土層が分布するものと考え、さらに Dc1 層相当の粘性土は Ma9 層の堆積時の海進以降の陸成の堆積物であると考えられることから、Ma9 層の分布域と同範囲に分布するものとした。

a) 伏見区域を対象とした文献による Dg1 層の細分

伏見区域の地質断面図は、図 6-1 に示すとおりであり、Pc2 層が Ma9 層に相当するとされている。伏見醸友会地下水研究委員会が行った調査でも、特に西高瀬川以西の地域や竹田街道に沿った地域で粘性土層の連続した広がり確認されている（図 6-2 参照）。

図 6-1 より、地質モデル区分の Dg1 層は、沖積層を表す Hscg 層と Pc2 層に挟まれた地層となり、挟在する Pc1 層という粘性土層、その上下の砂礫層（Pg1 層、Pg2 層）の 3 層からなる。ここで、Pc1 層は連続性も良く、その深度は約 20m、層厚は約 4~8.5m（注：図面読み取り）に及ぶと考えられる。

以降では、Dg1 層を構成する上位の砂礫層 Pg1 層を『Dg1 層（上）』、挟材する粘性土層 Pc1 層を『Dc1 層』、下位の砂礫層 Pg2 層を『Dg1 層（下）』と呼ぶことにする。

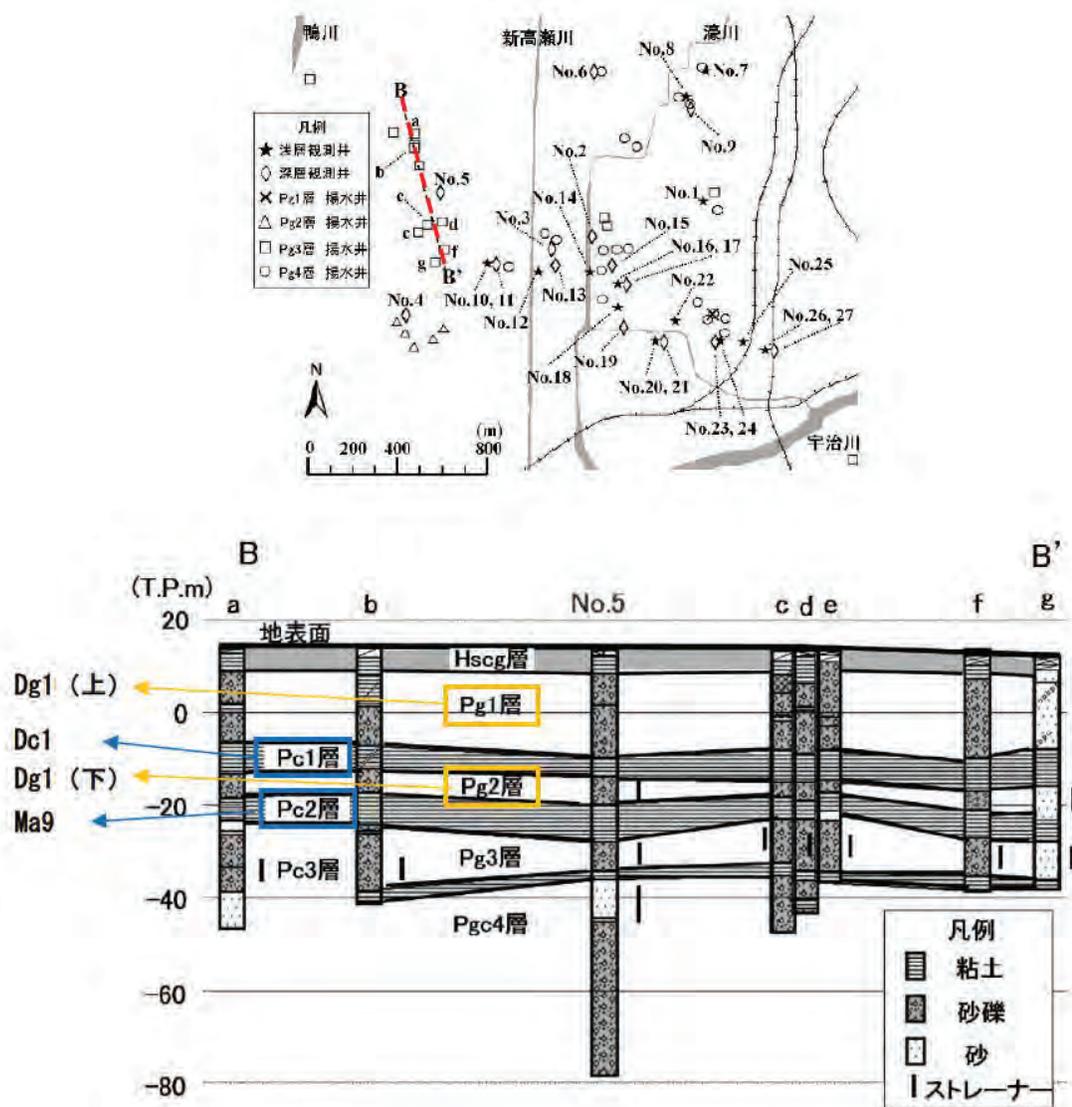
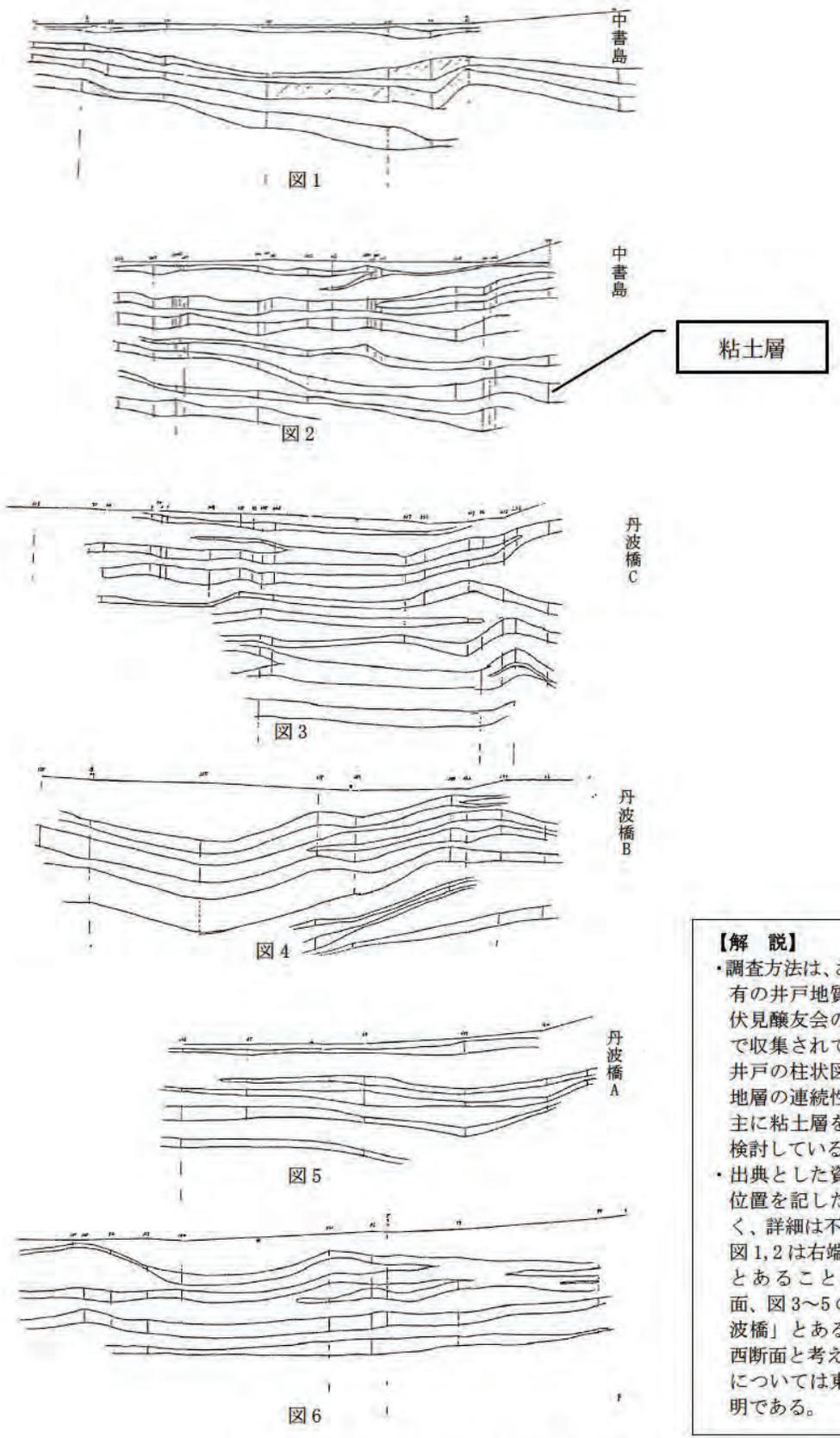


図 6-1 伏見区域の地質断面図（その 1）

出典：「京都市伏見区域における現場計測による地下水性状の把握と 3 次元浸透流解析（北岡貴文ほか、2013、応用地質 第 54 巻第 1 号）」に一部加筆



**【解説】**

- ・調査方法は、さく井業者所有の井戸地質柱状図及び伏見醸友会の地下水調査で収集されている醸造用井戸の柱状図を使用し、地層の連続性について、主に粘土層を基準として検討している。
- ・出典とした資料に断面図位置を記した平面図が無く、詳細は不明であるが、図1, 2は右端に「中書島」とあることから南北断面、図3~5の右端に「丹波橋」とあることから東西断面と考えられる。図6については東西・南北不明である。

図 6-2 伏見区域の地質断面図 (その 2)

出典：「伏見の地下水(特に酒造用井戸を中心として) (小谷輝人、1984、酒研会報 No. 23)」に一部追加

b) KD-1、KD-2、KD-0によるDg1層の細分

京都市が実施した京都盆地の深層ボーリング（KD-1、KD-2、KD-0）（図 6-4～図 6-6 参照）によれば、Dc1 層相当の粘性土層が KD-1 では深度 23.00～29.23m に、KD-2 では深度 31.85～37.80m に、KD-0 では深度 29.88～39.08m に確認される。

なお、Ma9 層は、KD-1 の深度 63.03～68.70m に、KD-2 の深度 87.30～89.00m に、KD-0 の深度 101.82～107.05m に堆積すると判定されている。

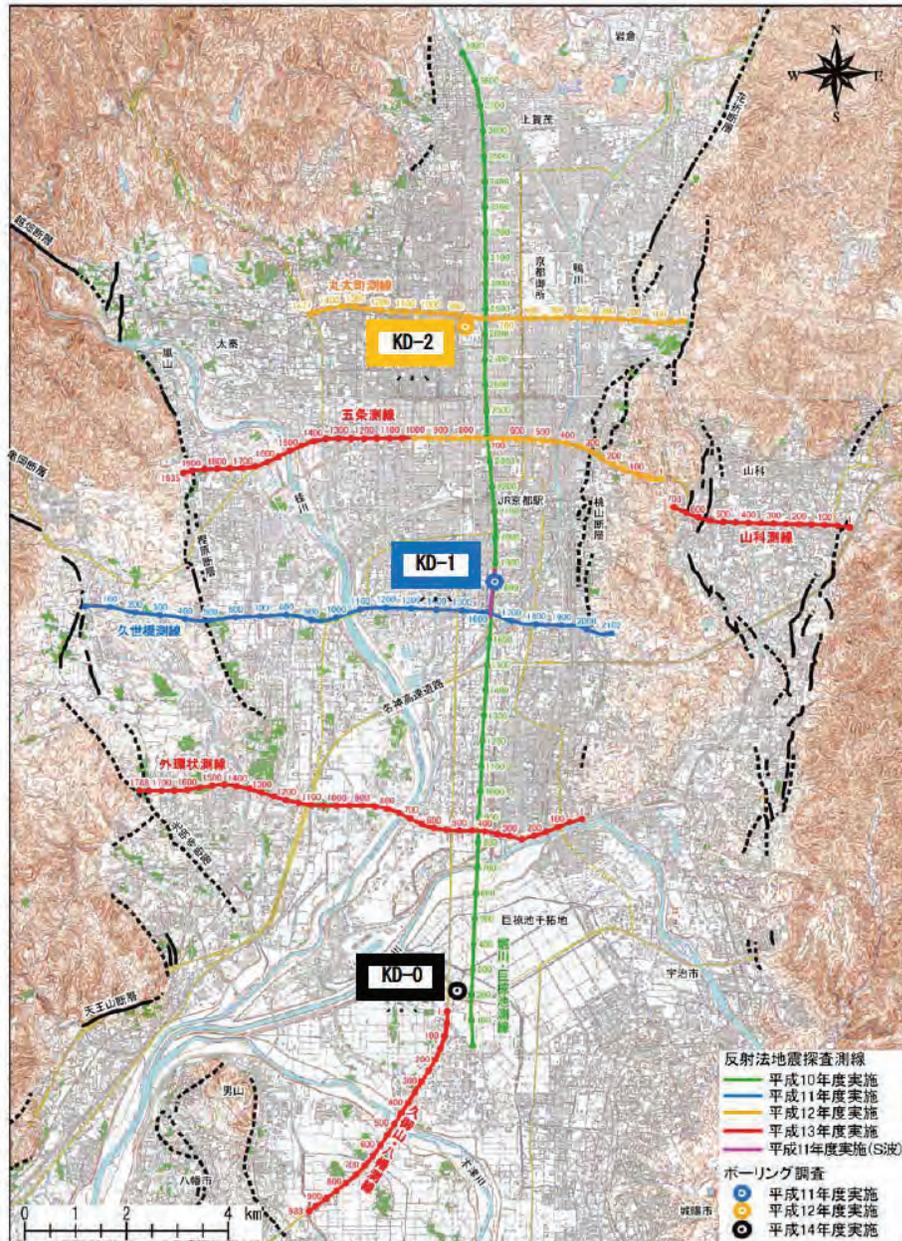
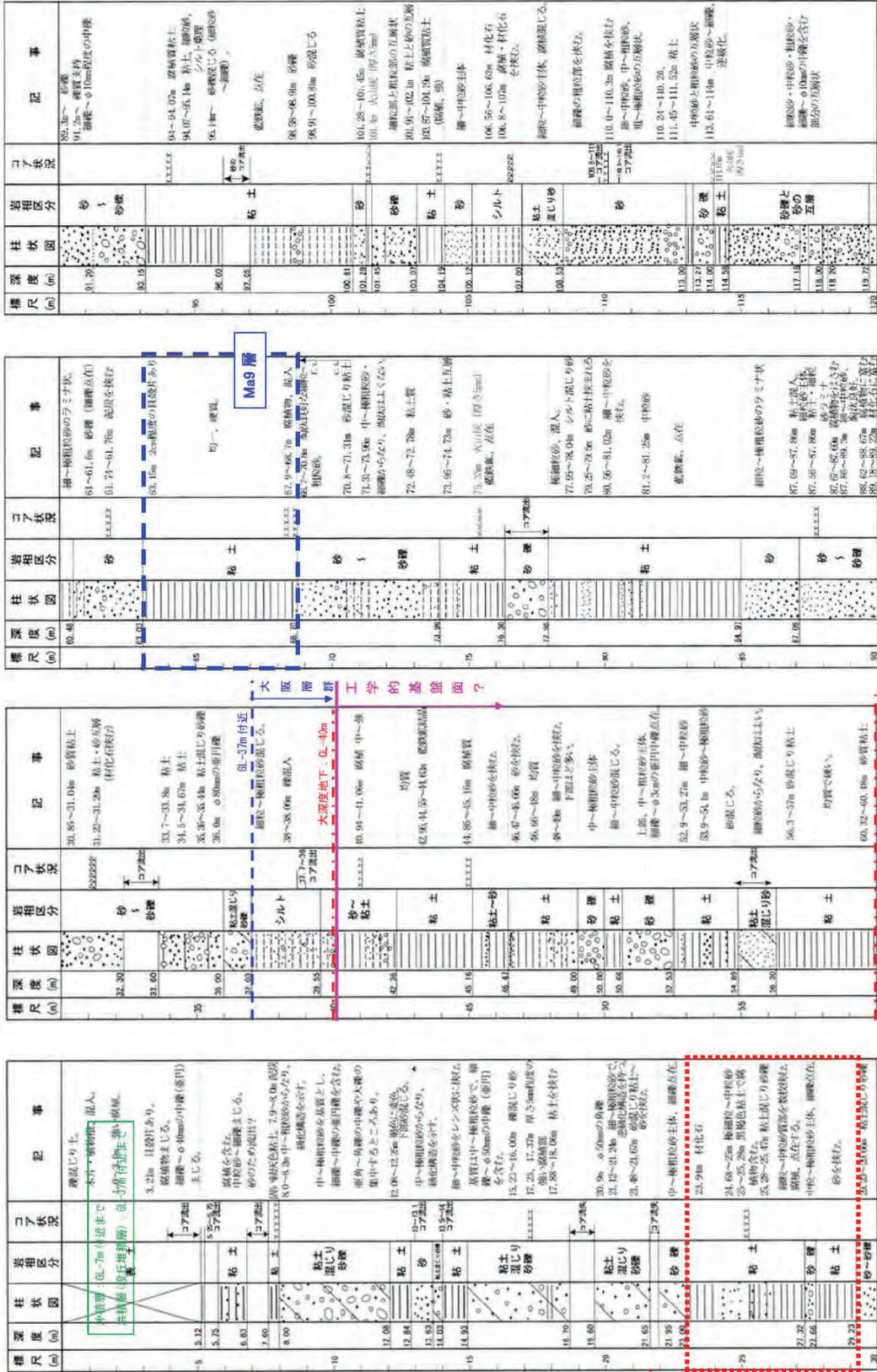


図 6-3 深層ボーリング（KD-1、KD-2、KD-0）調査地点位置

出典：「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2003）」に一部加筆

緑立公園基準ボーリング [K0-1] 概略柱状図 (縮尺1/100)  
(深度 0~60m)



緑立公園基準ボーリング [K0-1] 概略柱状図 (縮尺1/100)  
(深度 0~60m)

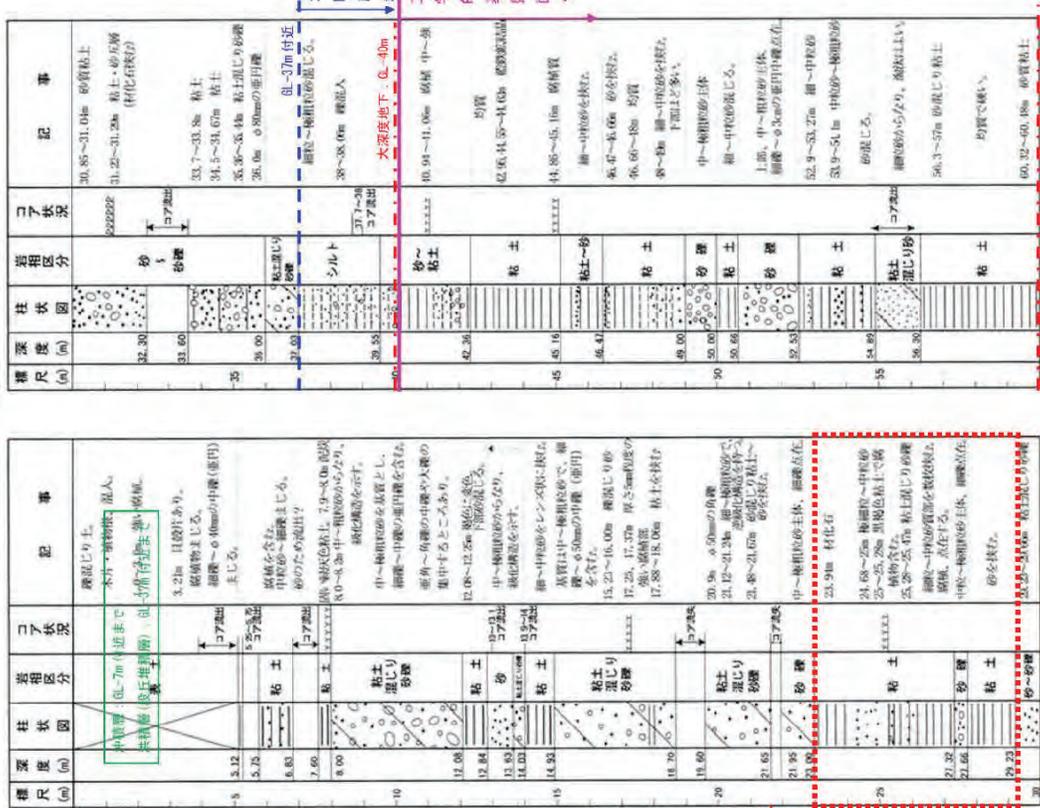


図-5. 2(1) ボーリング柱状図(深度: 0~60m) 図-6. 4 K0-1 概略柱状図

出典: 「平成11年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査」 京都盆地の地下構造に関する調査 地震関係基礎調査交付金 (京都市消防局防災対策室、2000) に一部加筆



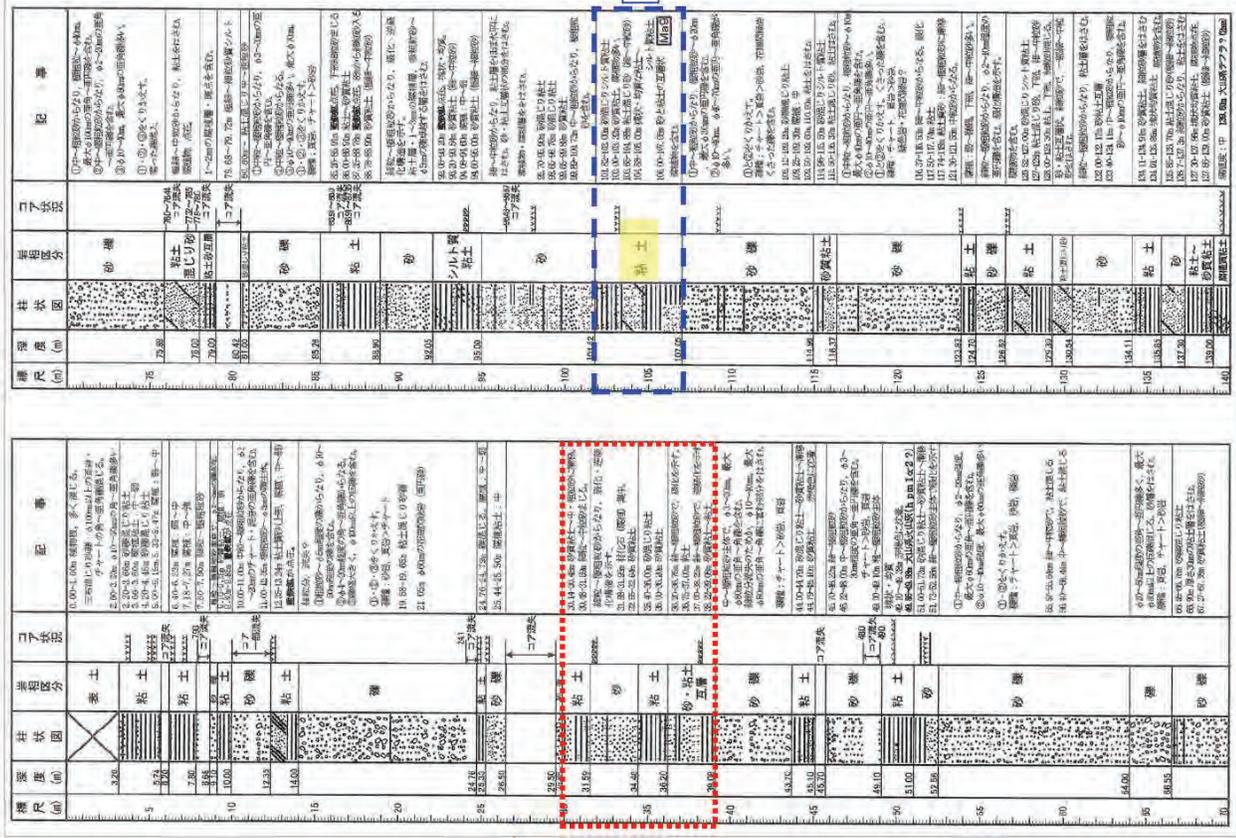


図 6-6 K0-0 地質柱状図 [0~140m] 出典:「平成14年度 地盤関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書 (京都市消防局防災対策室、2003)」に一部加筆

★: Dc1 層相当

c) 既往ボーリング調査による Dg1 層の細分

既往ボーリング調査によれば [REDACTED] で、Dc1 層相当の地層が深度 26.90～30.00m、深度 28.30～30.30m、深度 26.50～27.70m に確認されている。

なお、 [REDACTED] においては Dc1 層相当とみられる地層は確認されていない。

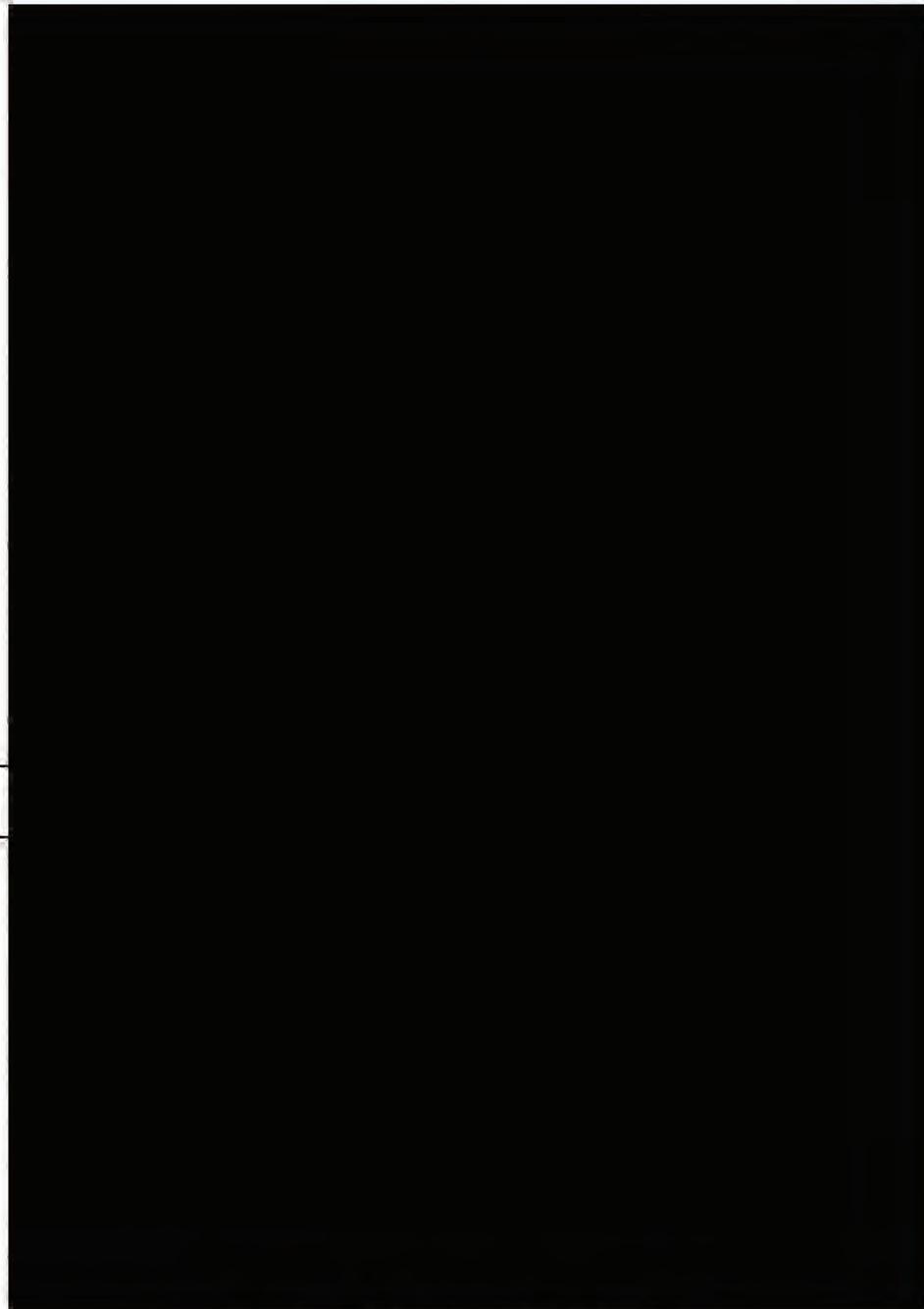


図 6-7 既往ボーリング調査地点位置

出典：「大支役 29 第 23 号 敦賀・新大阪間地質調査 4 報告書（国際航業株式会社、2018）」に一部加筆



図 6-8 ■■■■■ ポーリング柱状図

出典：「大支役 29 第 23 号 敦賀・新大阪間地質調査 4 報告書 (国際航業株式会社, 2018)」に一部加筆



図 6-9 ■■■■■ ポーリング柱状図

出典：「大支役 29 第 23 号 敦賀・新大阪間地質調査 4 報告書 (国際航業株式会社, 2018)」に一部加筆

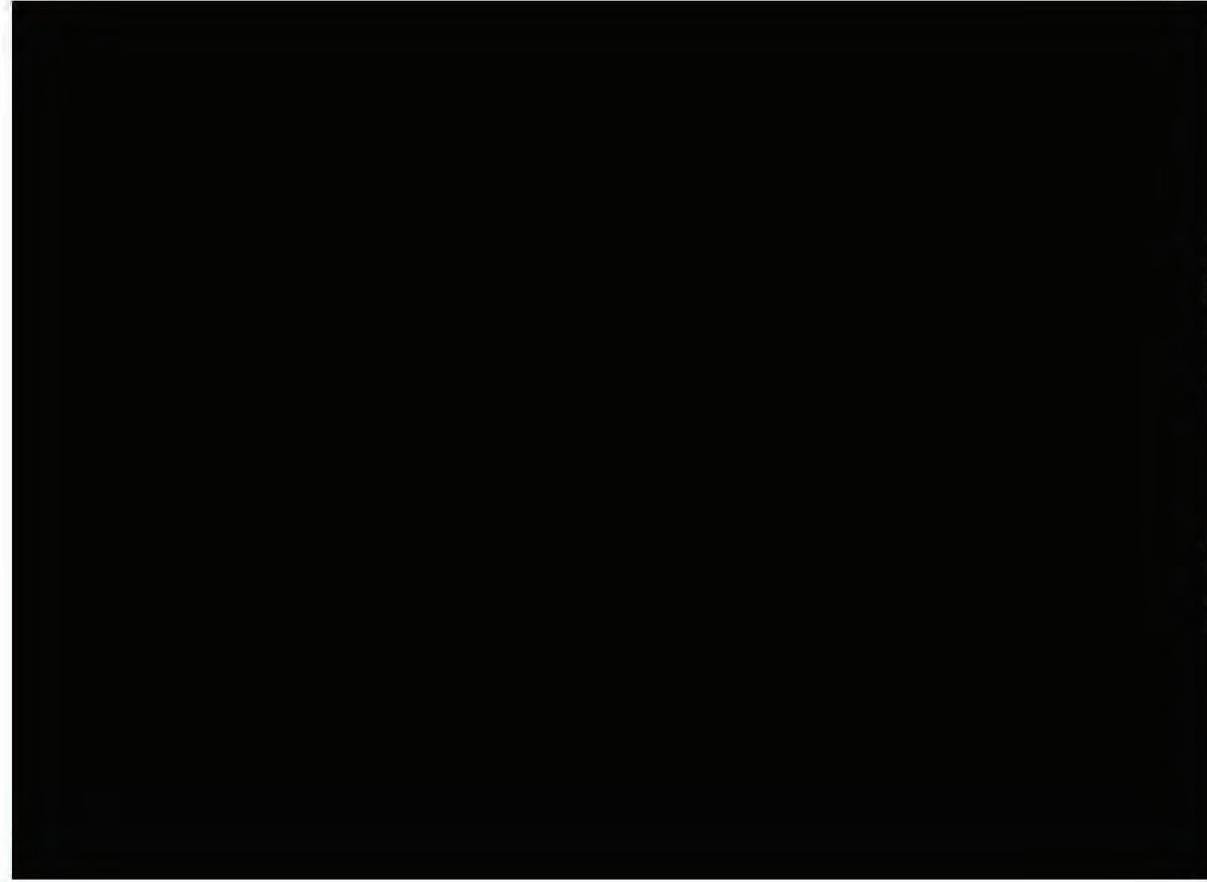


図 6-10 [redacted] ポーリング柱状図

出典：「大支役 29 第 23 号 敦賀・新大阪間地質調査 4 報告書（国際航業株式会社、2018）」に一部加筆に一部加筆



図 6-11 [redacted] ポーリング柱状図

出典：「大支役 29 第 23 号 敦賀・新大阪間地質調査 4 報告書（国際航業株式会社、2018）」に一部加筆に一部加筆

d) ■■■■■ ボーリングによる Dg1 層の細分

昨年度実施した■■■■■のボーリング調査によれば、De1 層相当の地層は深度 30.95～33.70m に分布すると推定される（比抵抗値がもっとも低い粘性土層）。

なお、同ボーリングでは、花粉分析等により、深度 66.0m～78.9m に堆積する粘性土層が Ma9 相当層と判定された。

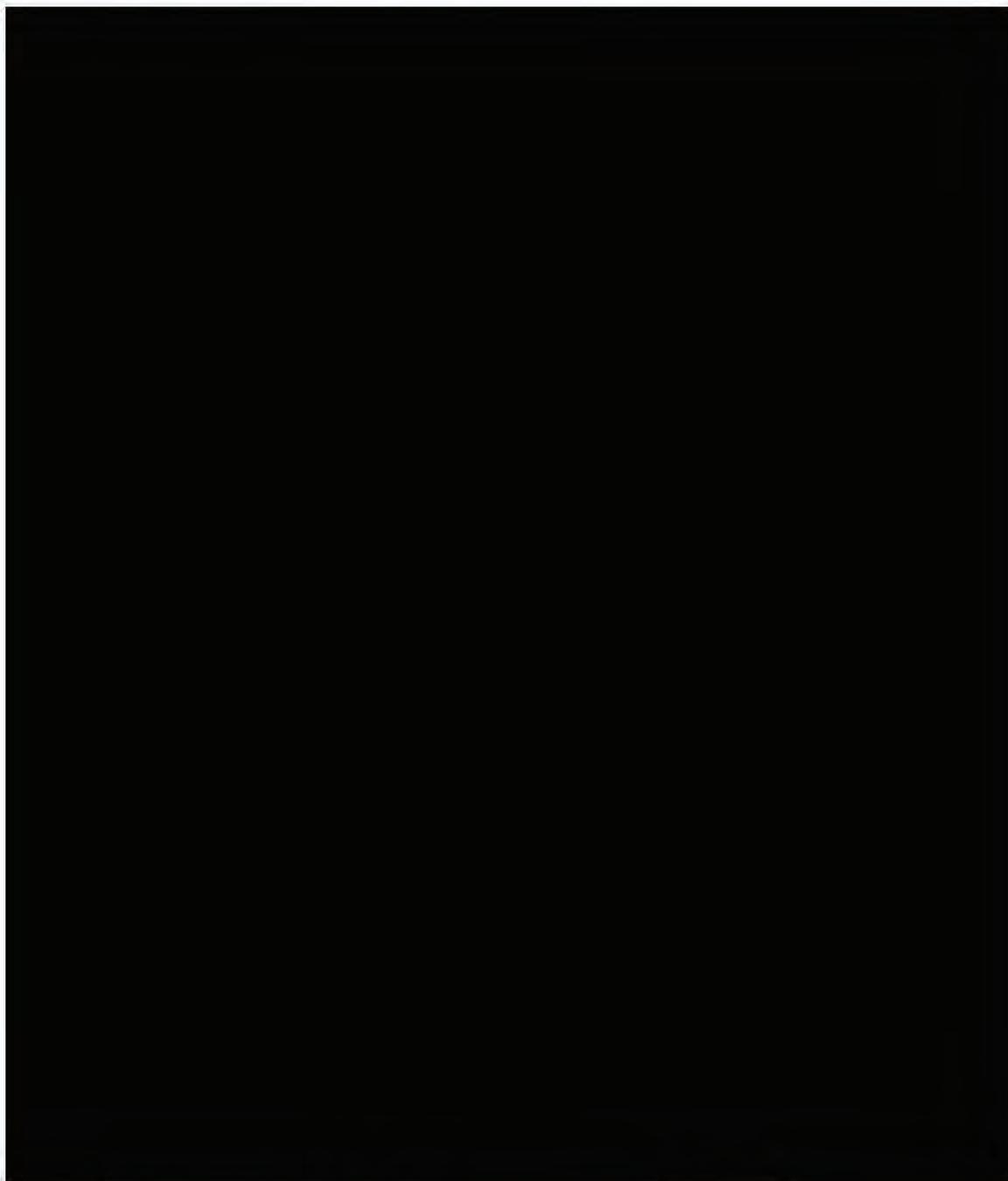


図 6-12 ■■■■■ ボーリング柱状図

出典：「大支役 2 第 17 号 北陸新幹線（敦賀・新大阪間）水文調査 2 報告書  
（パシフィックコンサルタンツ株式会社、2021）」に一部加筆

e) 新関西地盤による Dg1 層の細分

新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）に掲載されている京都盆地内の地質断面図を掲載する。この文献においても、洪積相当層（沖積相当層以深、Ma9 相当層以浅）において粘性土が確認されている地域が多い。

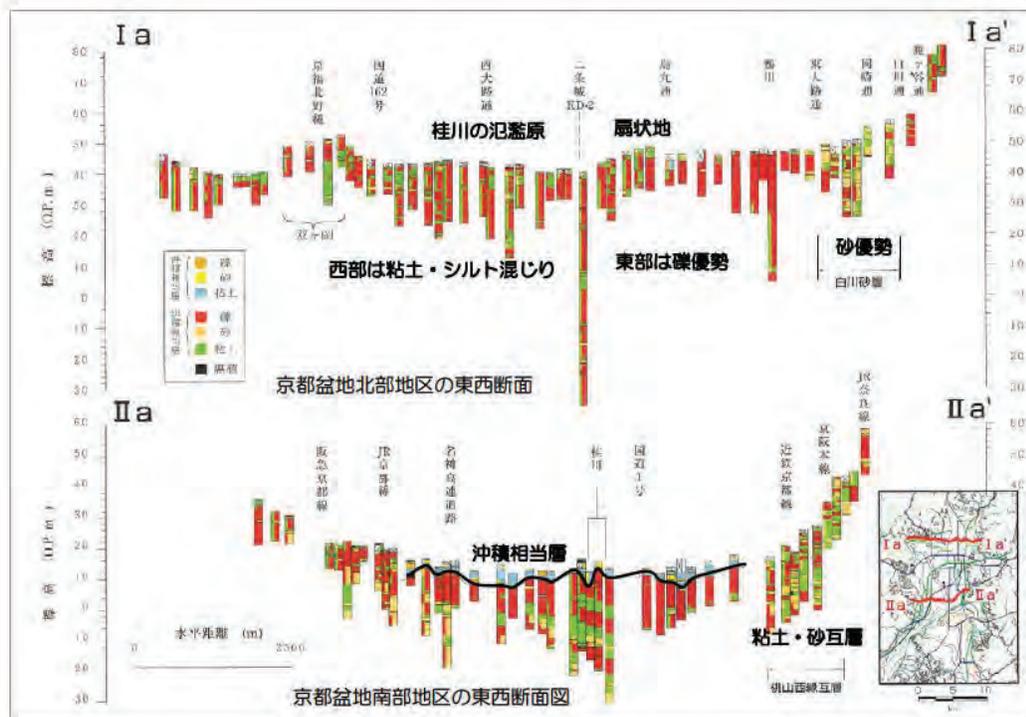
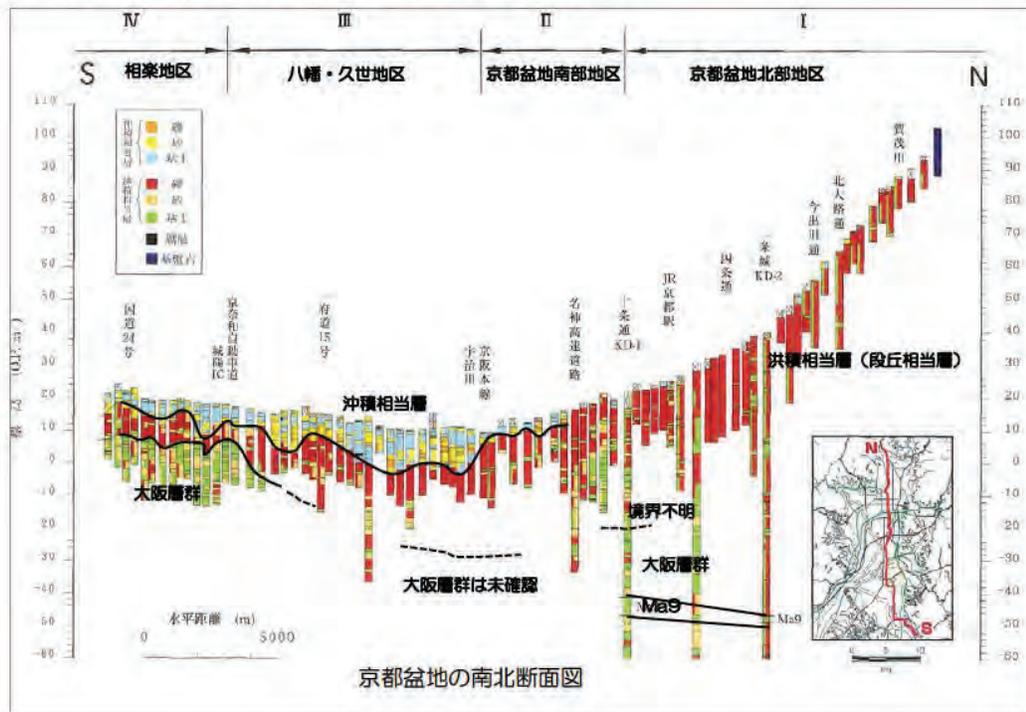


図 6-13 地質断面図（その 1）

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」に一部加筆



## 7. 帯水層境界の等高線

帯水層を三次元的にモデル化するにあたり、各帯水層境界の等高線について検討した。以下に各層の検討内容を述べる。

### a) 地表面

地表面は、DEM（数値標高モデル：10mメッシュ\_国土地理院）に基づいて設定した。

なお、河川形状等で微地形のモデル化が必要な箇所等については、国交省所有の航空レーザ測量データを用いた。

### b) 沖積相当層下面（洪積相当層上面）

既存文献において、京都盆地内の沖積相当層の層厚については、図 7-1 のとおり整理されている。同図に示されている層厚より、沖積相当層下面コンター（洪積相当層上面コンター）を作成した。

なお、北部等の沖積相当層が存在しない地域については、既往文献に示される洪積相当層の深度分布（図 7-2 参照）より、沖積相当層下面のコンターを補完した。

作成した沖積層のコンターを、図 7-3 に示す。

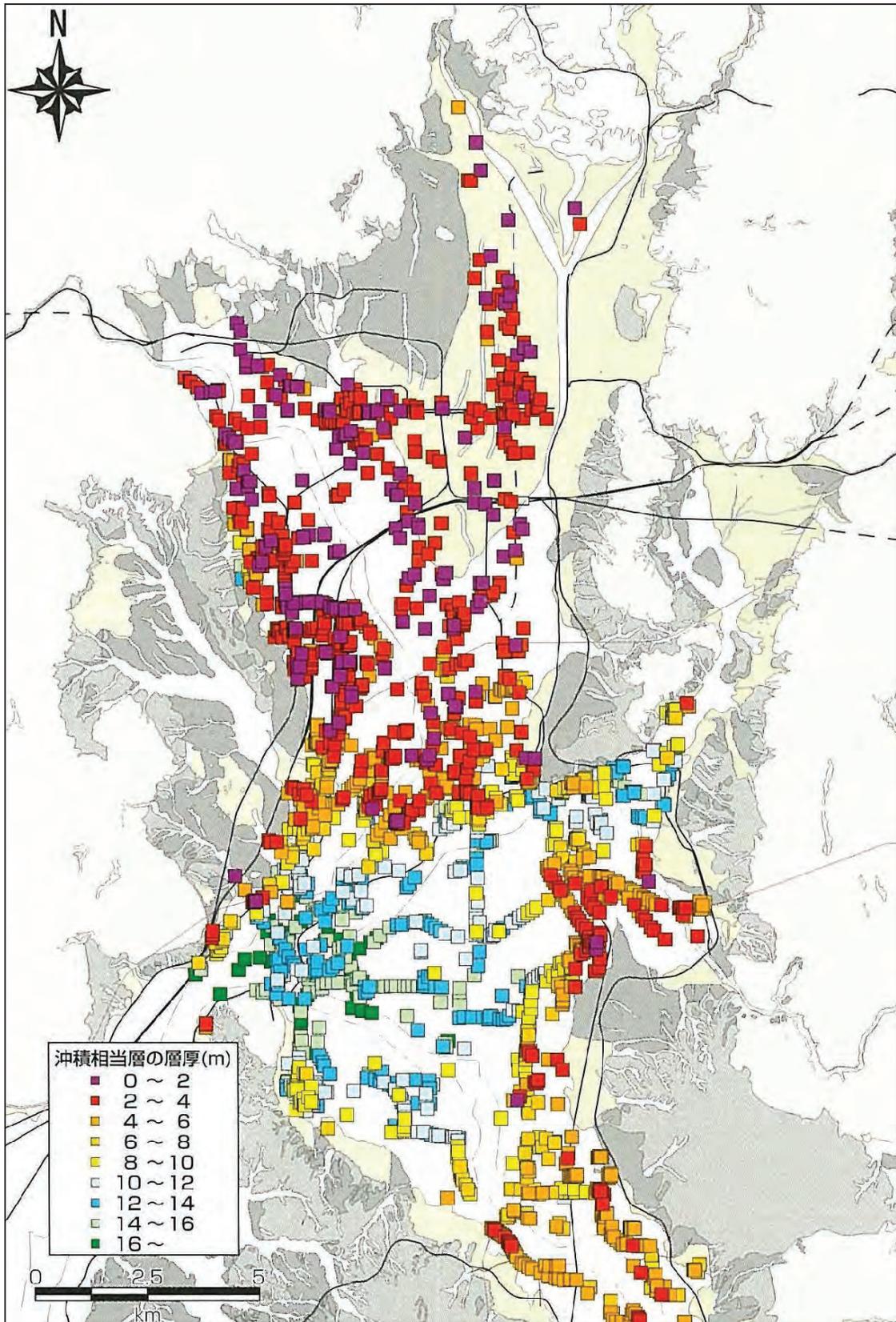


図 7-1 沖積相当層の層厚分布図

出典：「新関西地盤－京都盆地－（関西地盤情報活用協議会、2002）」

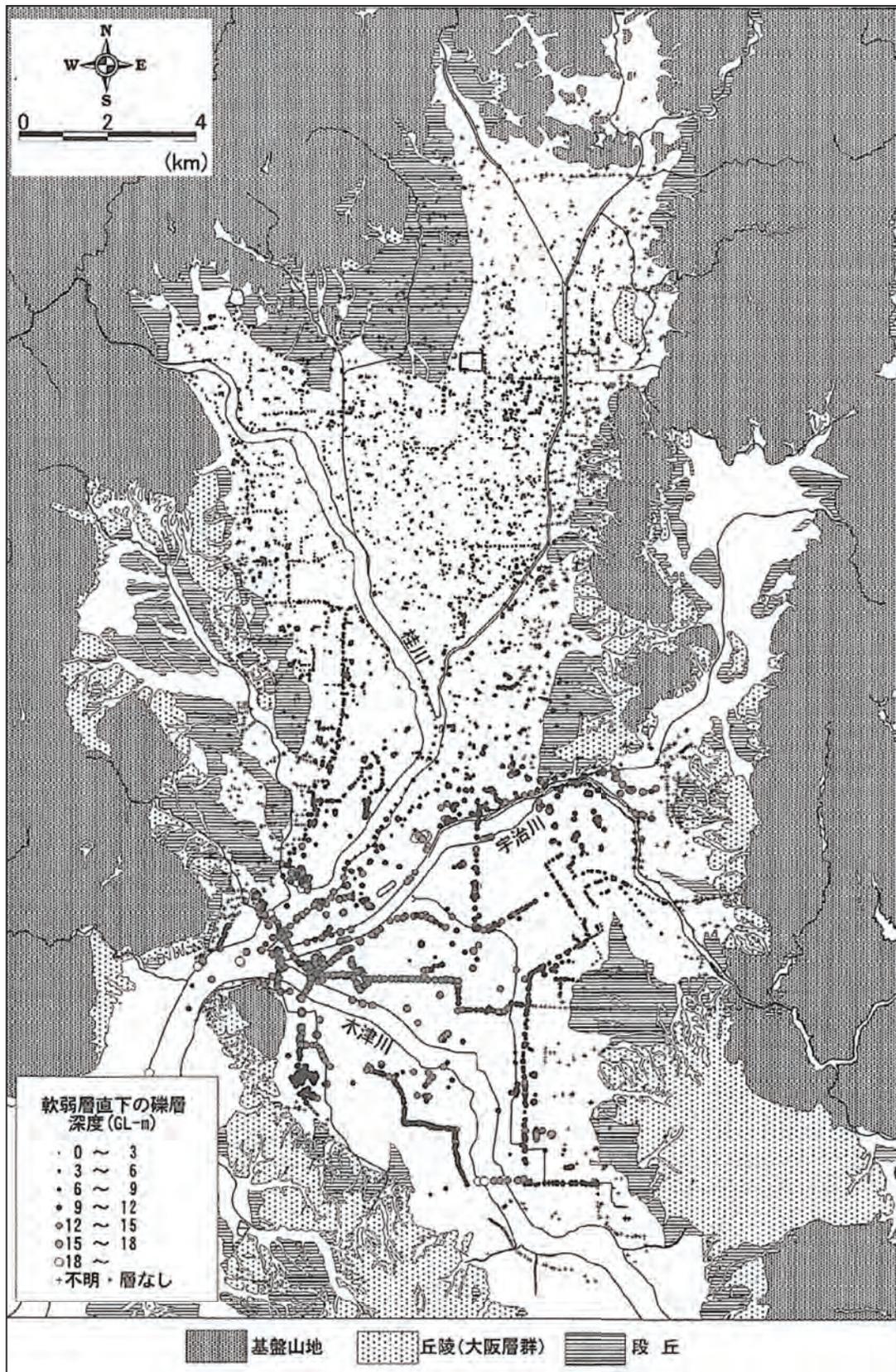


図 7-2 軟弱層直下に堆積する礫層の深度分布

出典：「新関西地盤－京都盆地－（関西地盤情報活用協議会、2002）」

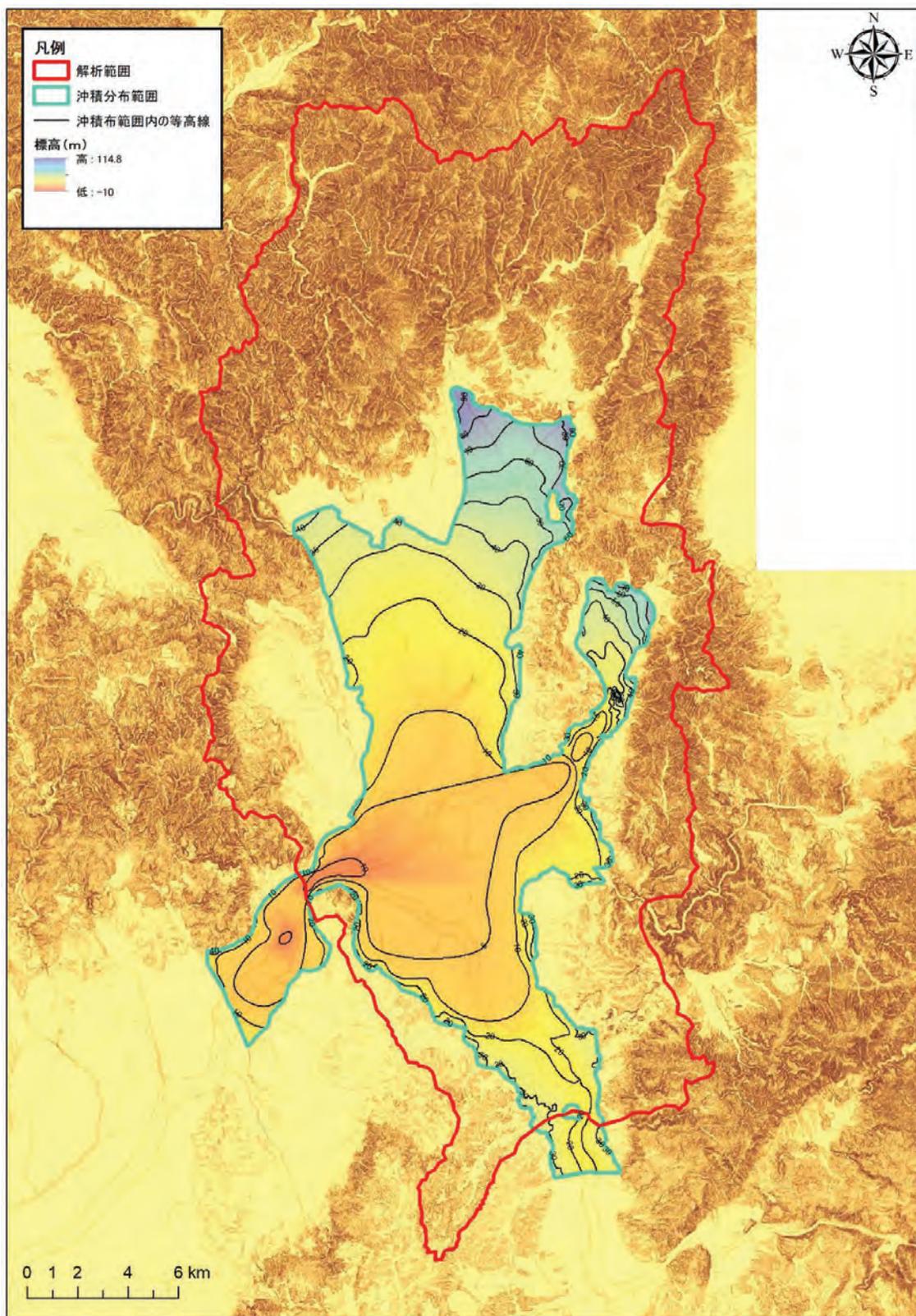


図 7-3 沖積相当層の下面コンター図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

### c) Ma9 層及び Ma6～Ma3 層上面

京都盆地内の大阪層群の Ma 層は、海成層のため、概ね一様に堆積している。Ma3 層及び Ma4 層は下位の基盤岩（丹波層群）が平坦ではなく不整合で堆積していることにより、一部消失していることが確認されているが、Ma4 以浅の Ma 層（Ma5～Ma9）については、京都盆地内に一様に分布することが確認されている。

大阪層群は陸成層のため、一部、層厚に大きなバラツキが確認されているが、これは基盤岩が平坦でないことに起因しているものであり（図 7-4 参照）、各 Ma 層に挟まれた大阪層群の層厚は一定であると考えてよいものと判断される。

Ma9 層上面コンターについては、図 7-5 に示すとおり、過年度業務（水文調査 1）でも作成されているが、本検討では、京都盆地内の深層ボーリング（KD-0、KD-1、KD-2）及び既存文献の断面（図 7-6～図 7-7 参照）をもとに、既往 Ma9 層上面コンターと整合等を精査したうえで、Ma9 層上面コンターを作成した。

Ma6 層から Ma3 層については、「平成 14 年度地震関係基礎調査交付金京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（概要版）」（平成 15 年 3 月、京都市）の断面図をもとに、Ma9 層～Ma3 層までの層厚の比率を調べたところ、ほぼ一定割合で分布していることが確認されたことから、Ma9 と Ma3 の両コンターを作成し、Ma4, 5, 6 はその間を一定割合で分布するよう作成することとした。割合については、上記報告書の断面・KD-0～KD-2 をもとに算出した。

Ma3 層の上面については、KD-0～KD2 までの結果をもとに、Ma9 層標高から 200m 前後をオフセットしたうえで上記報告書の断面図との整合を踏まえ微修正した。

以上の要領で作成した Ma9 層のコンターを図 7-8 に、Ma6 層～Ma3 層のコンターを、図 7-9～図 7-12 に示す。

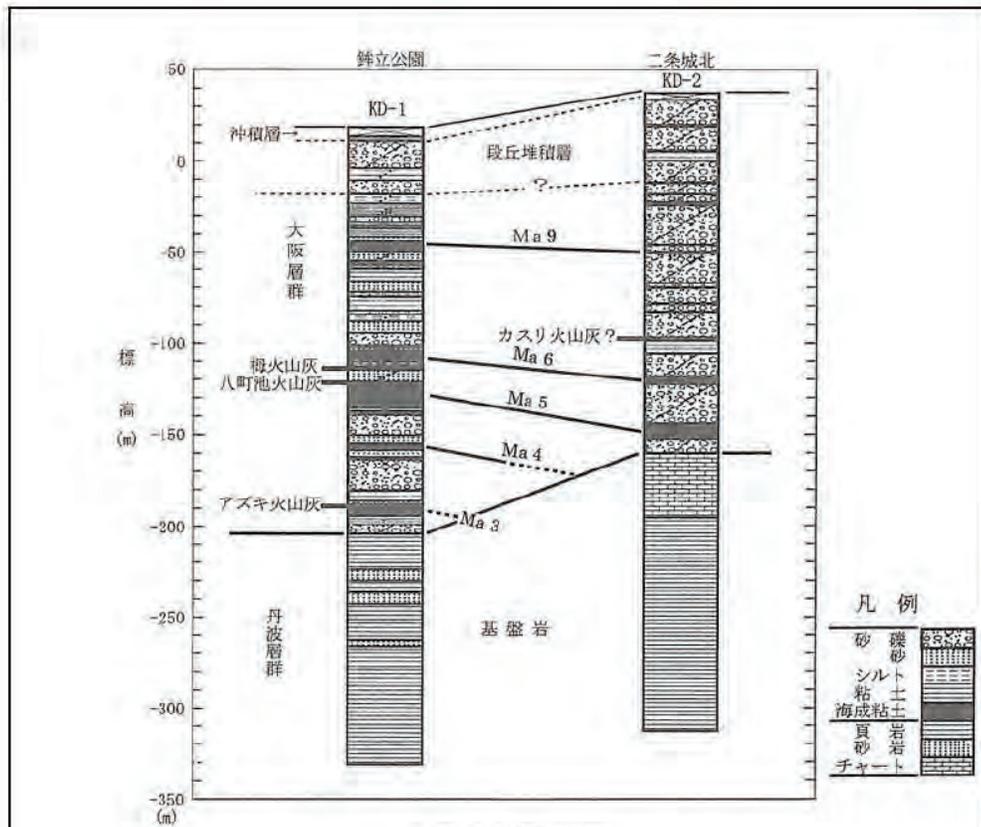


図2.4.7 地質対比図④

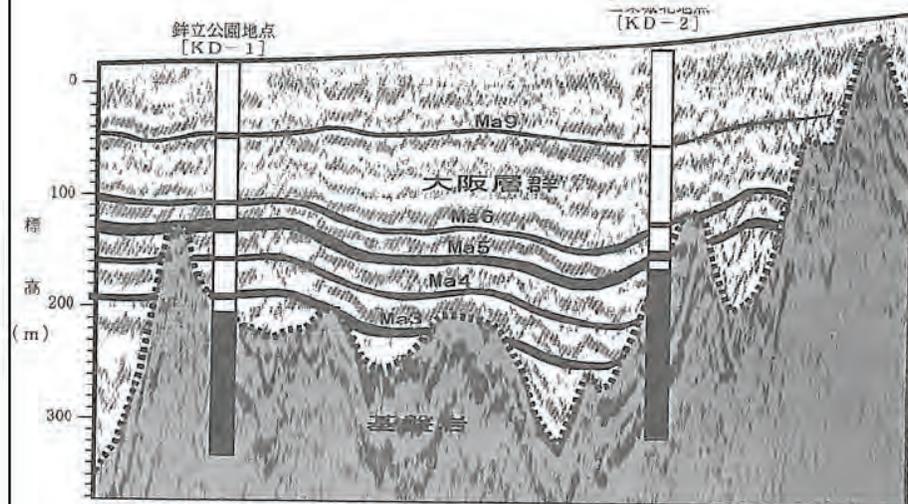


図 2.4.8 KD-1～KD-2間における海成粘土の連続

図 7-4 KD-1 及び KD-2 の詳細

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」

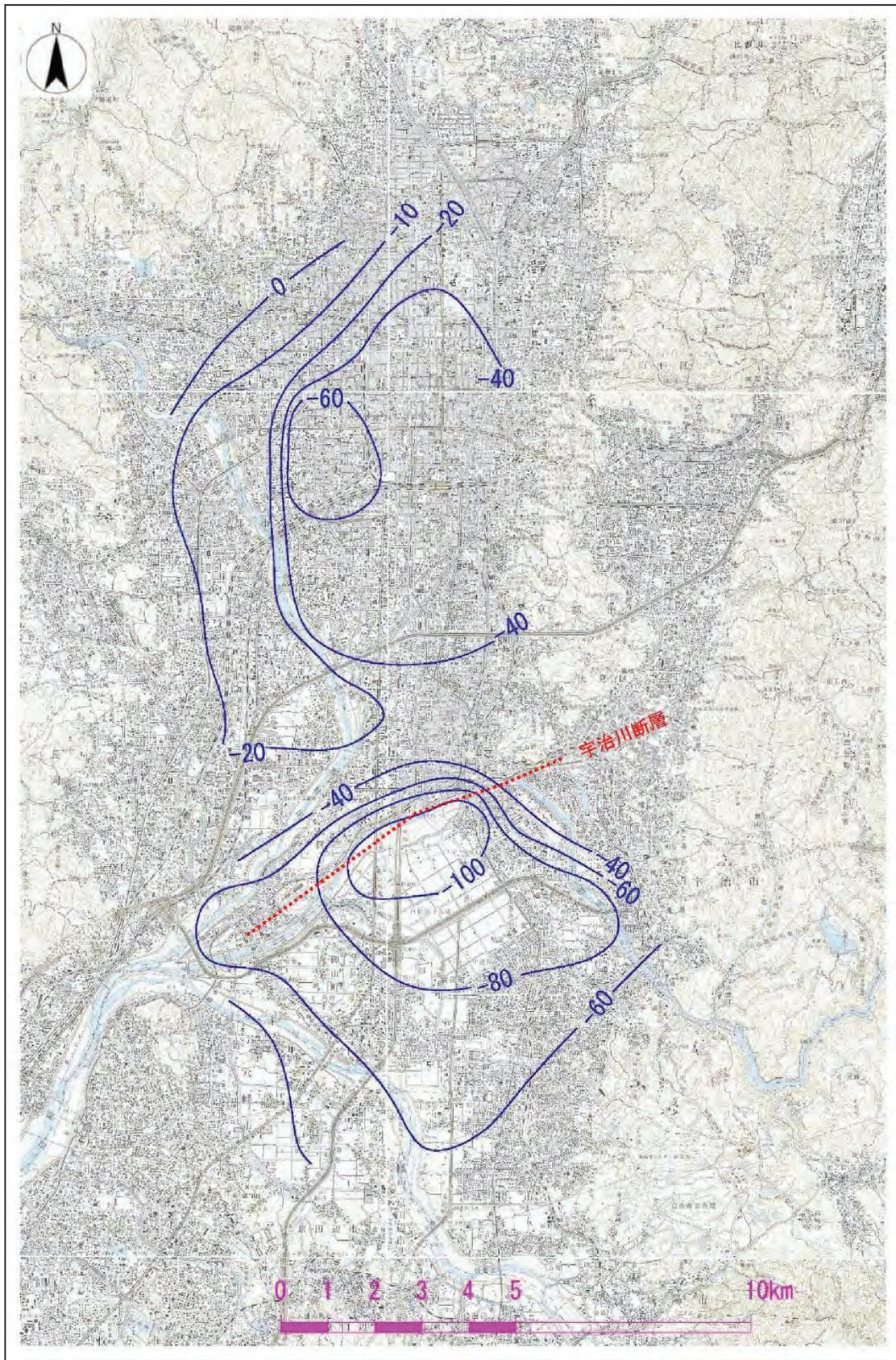


図 7-5 既往調査に基づく Ma9 層上面コンター図

出典：「敦賀・新大阪間水文調査1 報告書（サンコーコンサルタント株式会社、2020）」

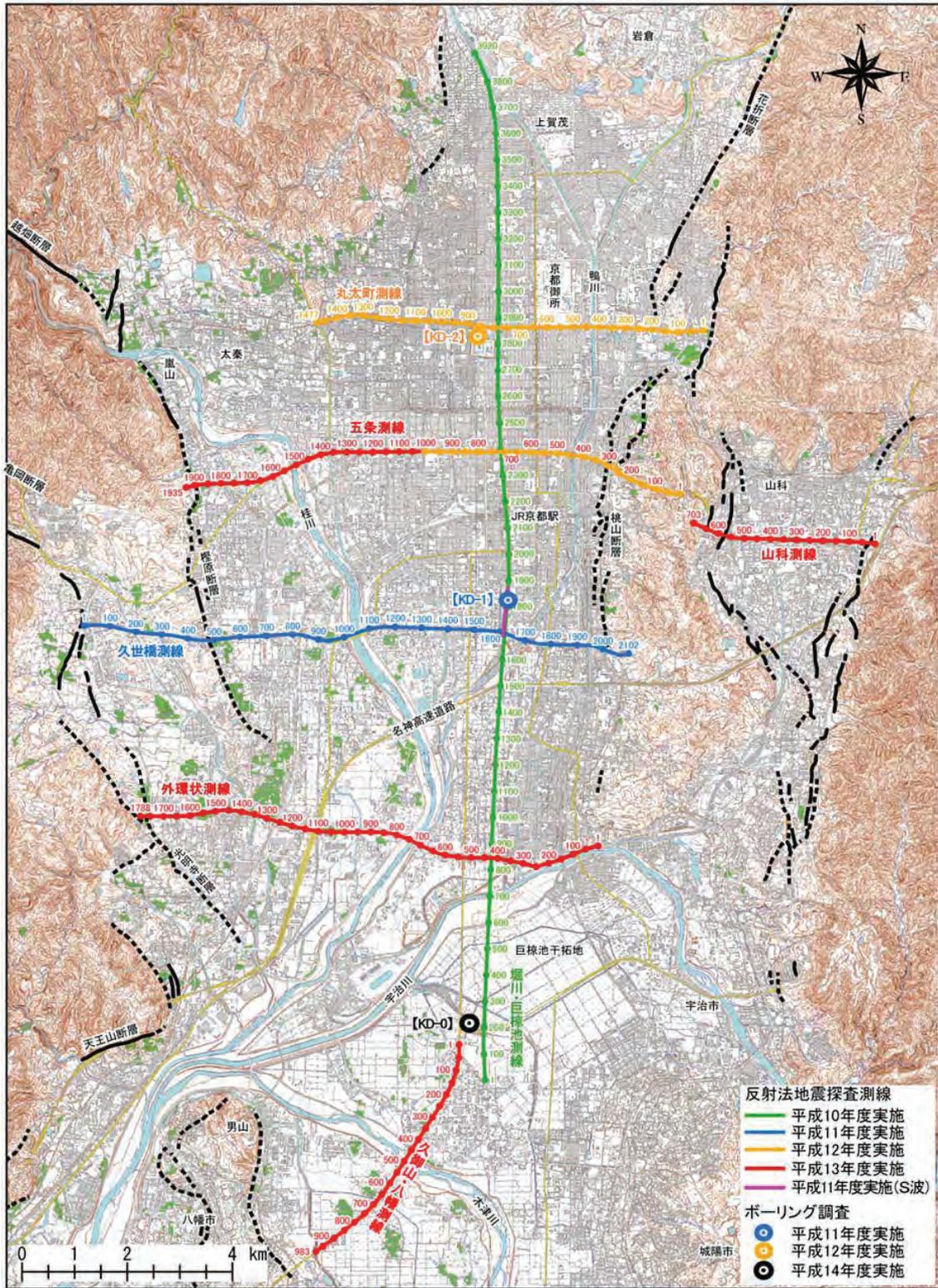


図 7-6 既往地質断面位置図

出典：「平成14年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2003）」

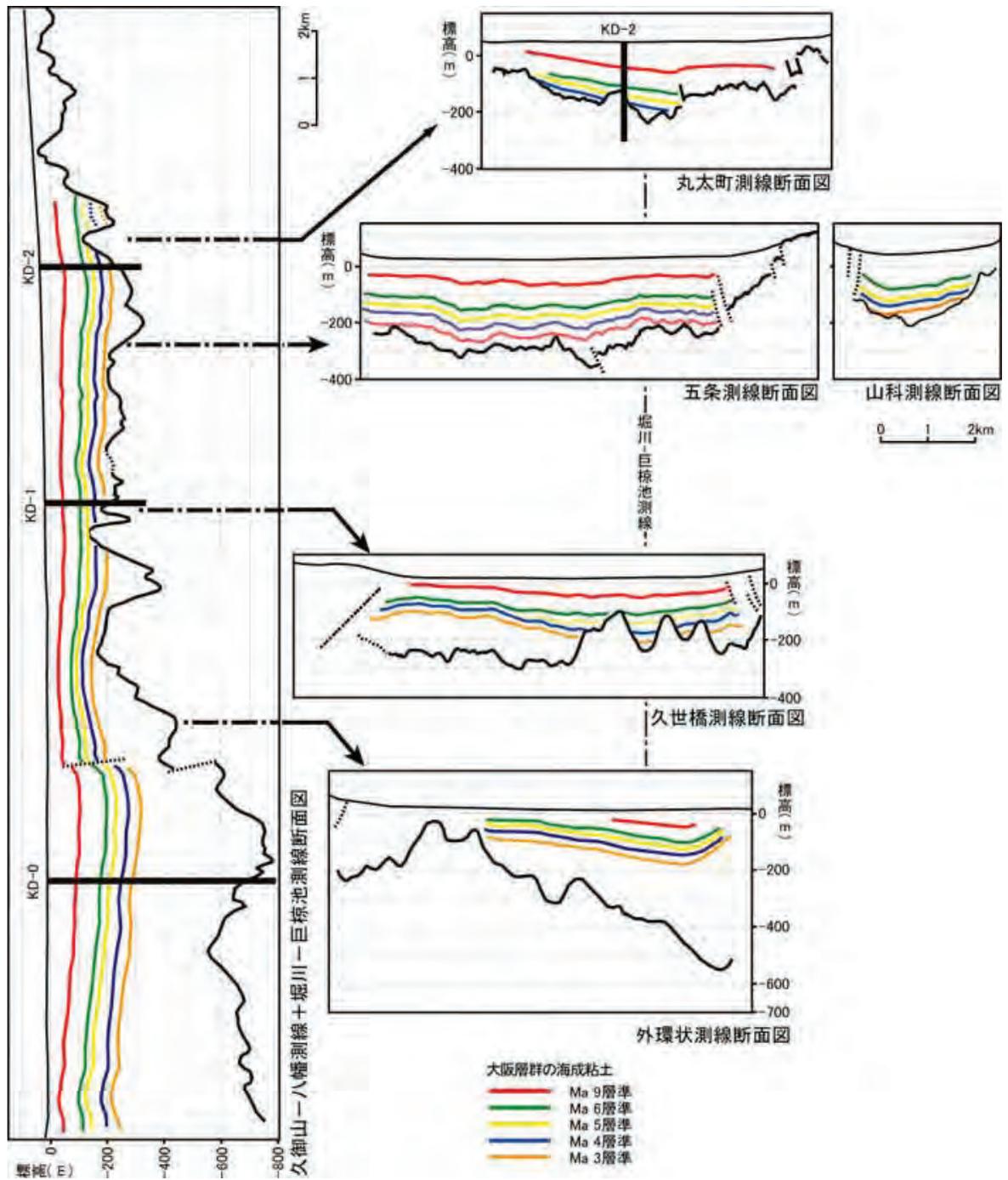


図 7-7 既往地質断面図

出典：「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2003）」

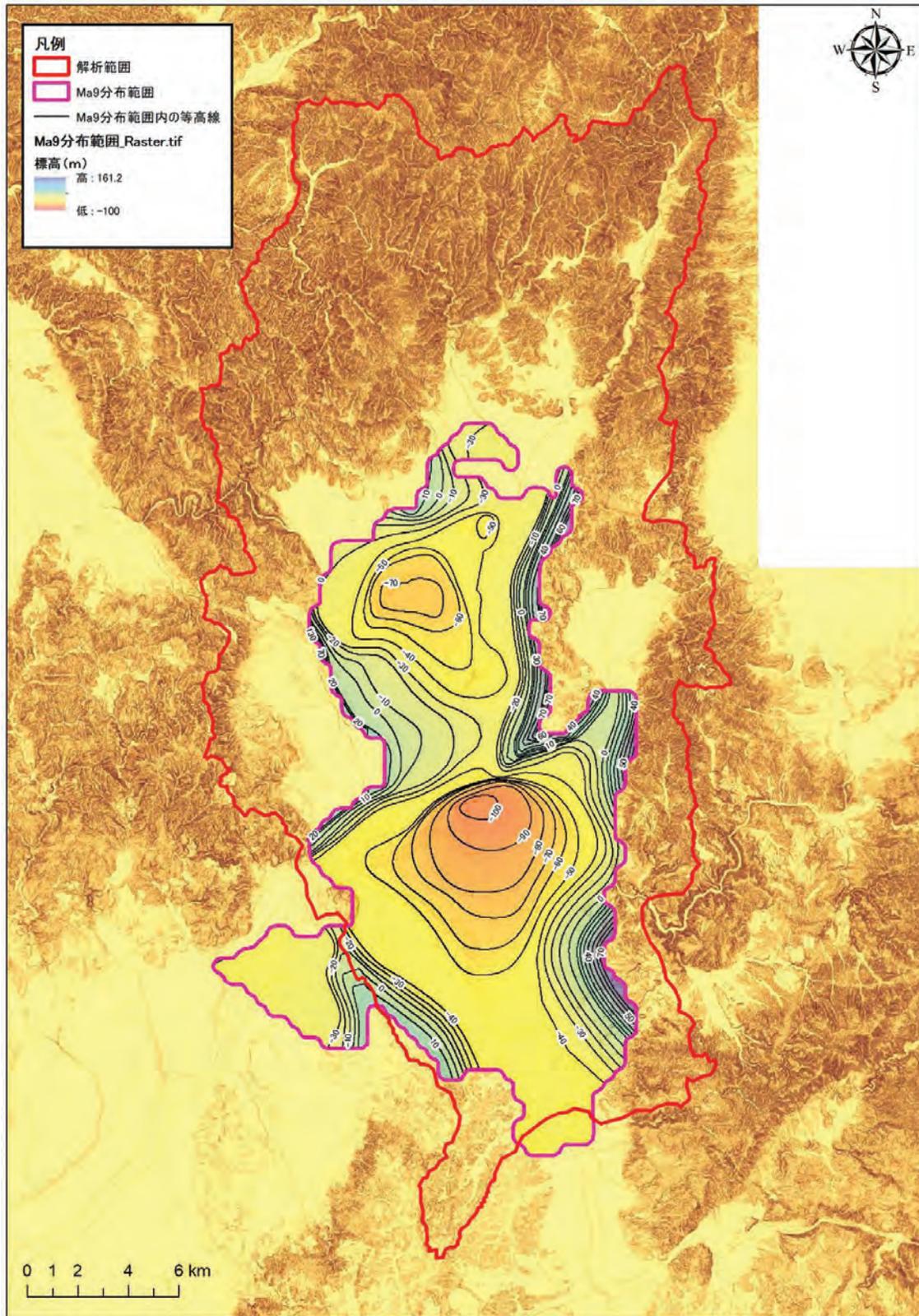


図 7-8 Ma9 層の上面コンター図

出典:「数値標高モデル(国土交通省 国土地理院)」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

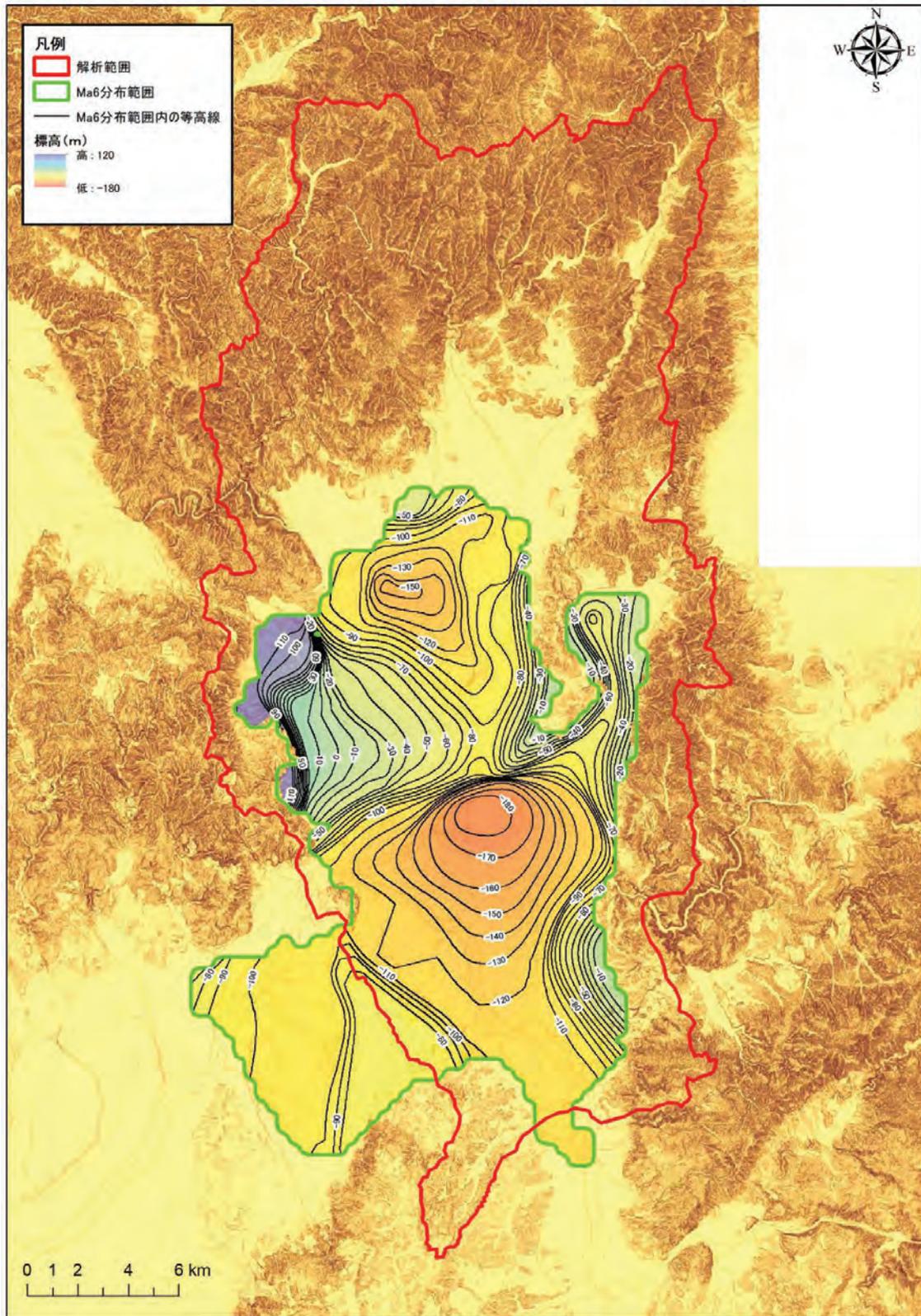


図 7-9 Ma6 層の上面コンター図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

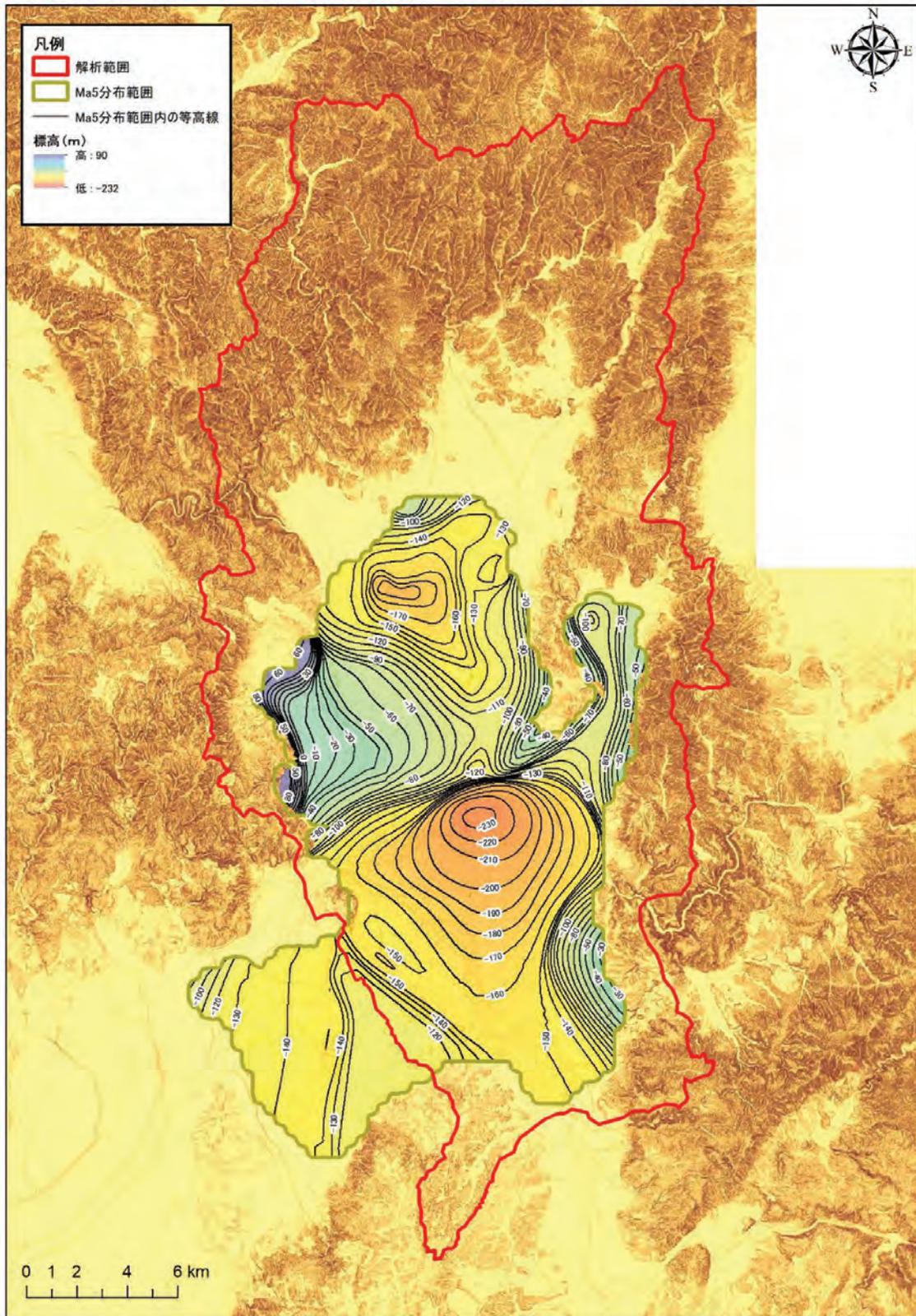


図 7-10 Ma5 層の上面コンター図

出典:「数値標高モデル (国土交通省 国土地理院)」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

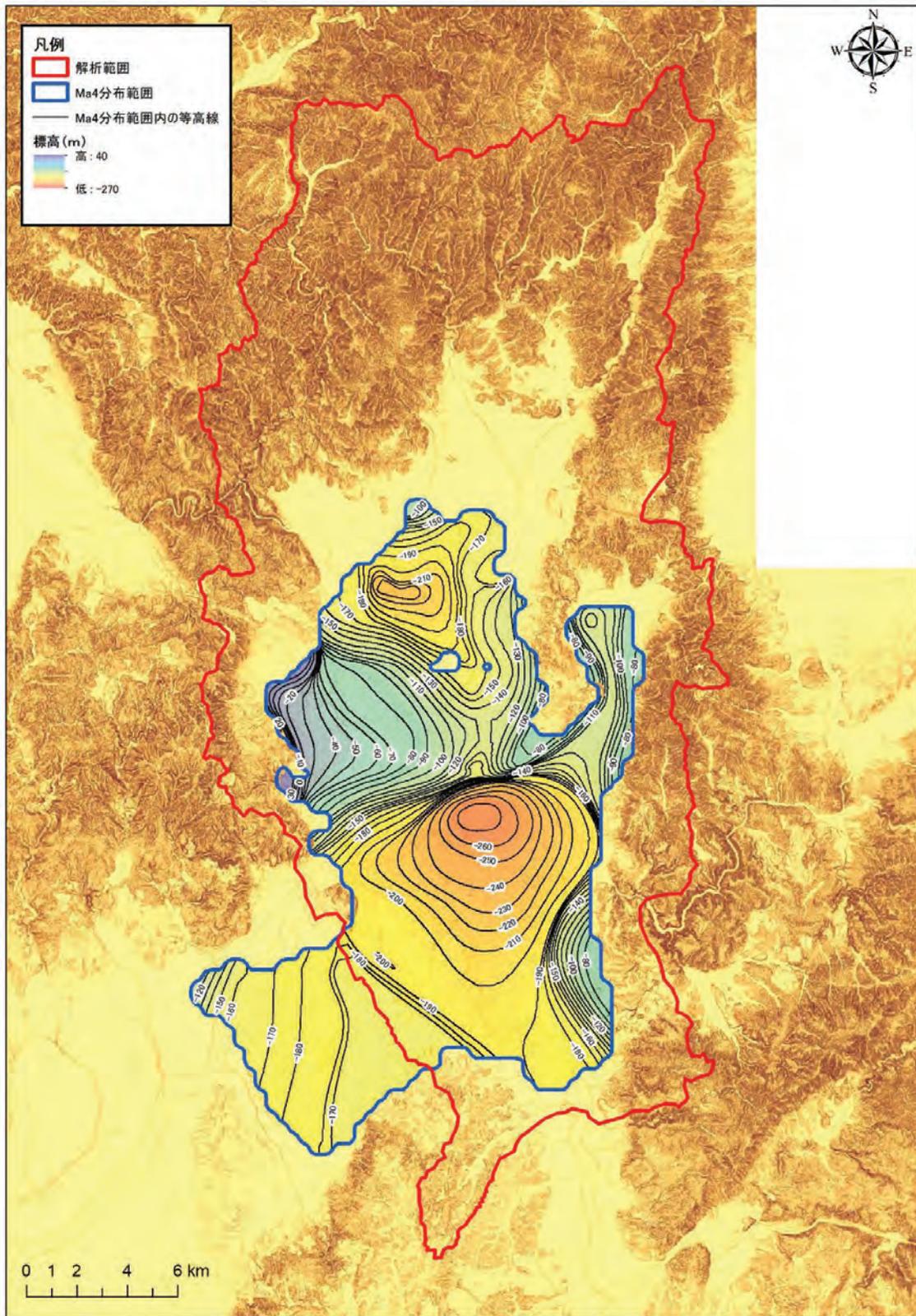


図 7-11 Ma4 層の上面コンター図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

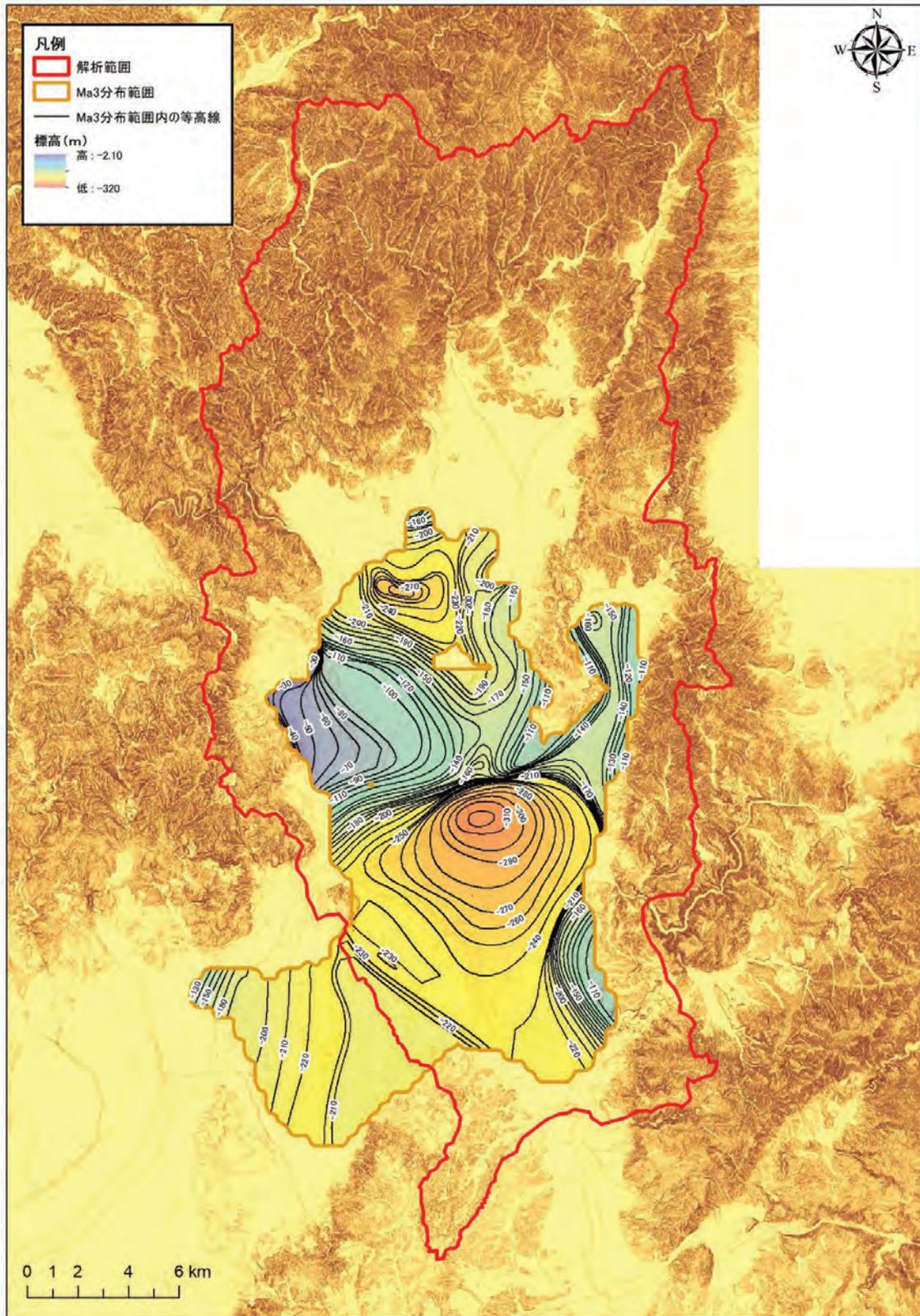


図 7-12 Ma3 層の上面コンター図

出典:「数値標高モデル (国土交通省 国土地理院)」に水理地質境界面コンターを追加して掲載

d) 基盤層上面

基盤層上面は、既存文献において整理されている基盤岩コンター図をもとに整理した（図 7-13、図 7-14 参照）。

なお、新関西地盤発刊時は巨椋池を含む南側の情報が少なかったため、「平成 14 年度地震関係基礎調査交付金京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書(概要版)」の断面図(図 7-7)を踏まえて巨椋池を含む京都盆地南側の基盤コンターの修正を行った。

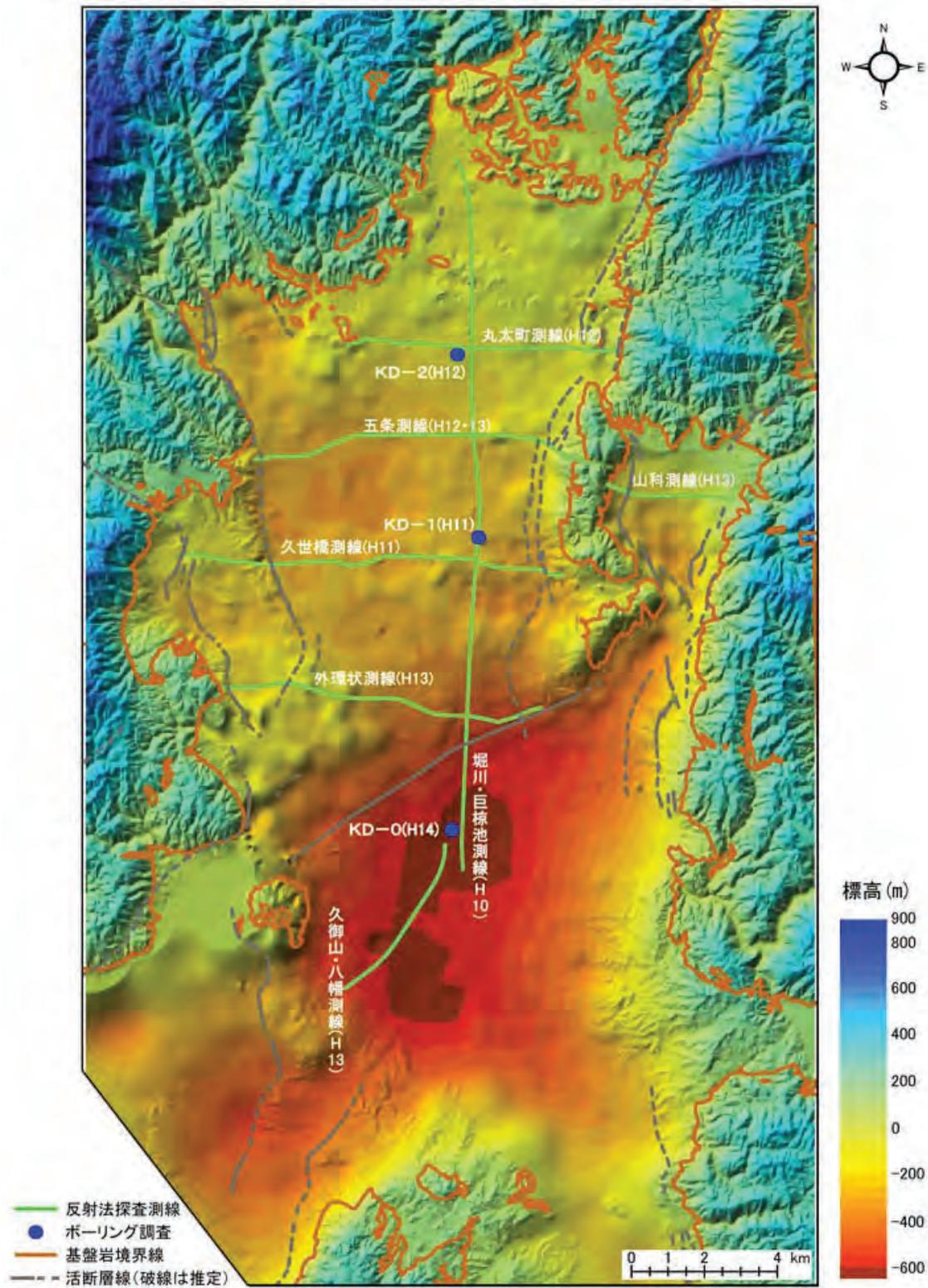


図 7-13 基盤岩深度分布図

出典：「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2003）」

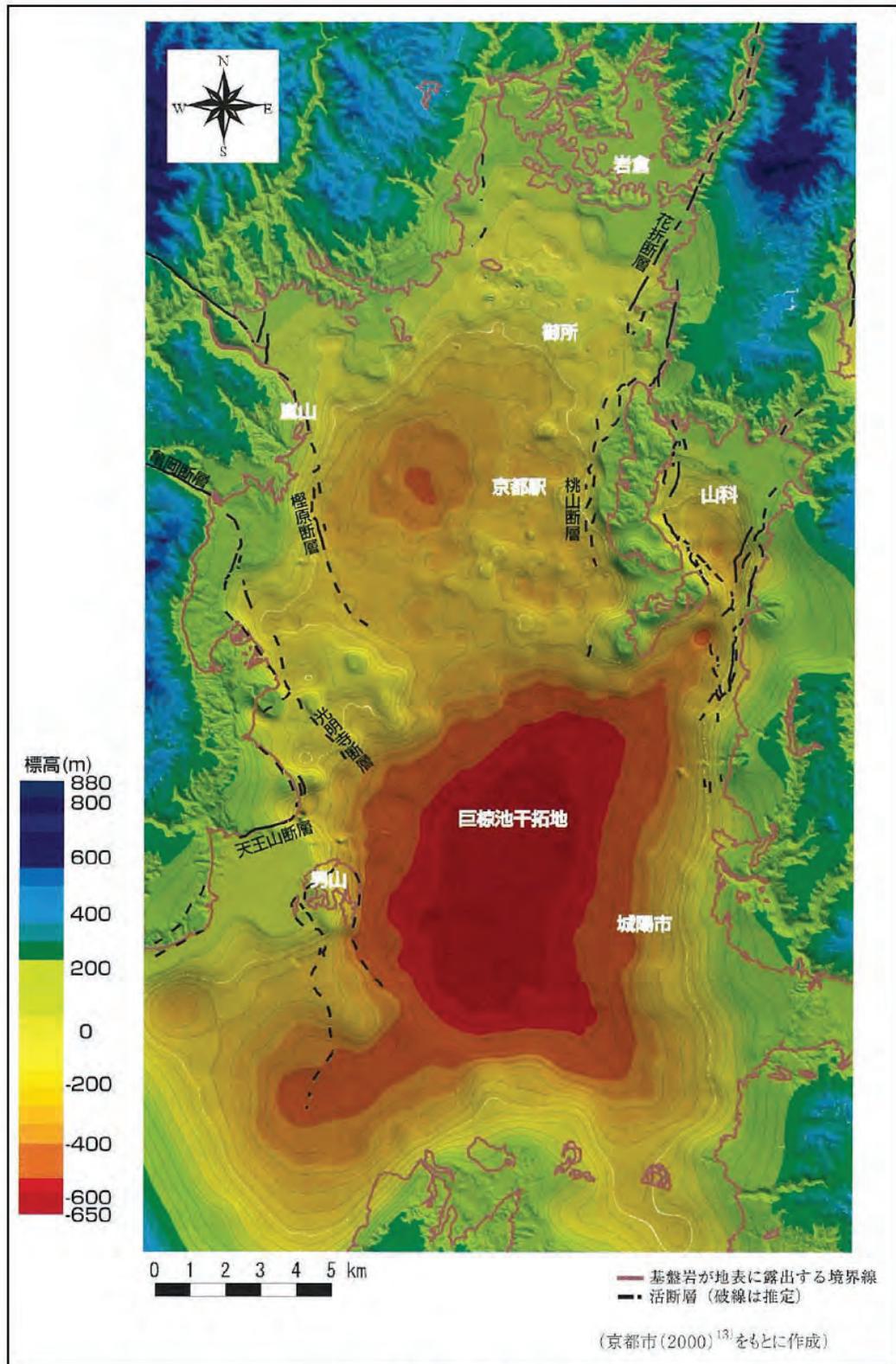


図 7-14 基盤岩深度分布図

出典：「新関西地盤—京都盆地—（関西地盤情報活用協議会、2002）」

## 8. マニングの粗度係数の一般値

表 8-1 河川や水路の状況と粗度係数の範囲

出典：「建設省河川砂防技術基準案同解説—調査編—  
(建設省河川局 監修, 日本河川協会 編集, 2008)」

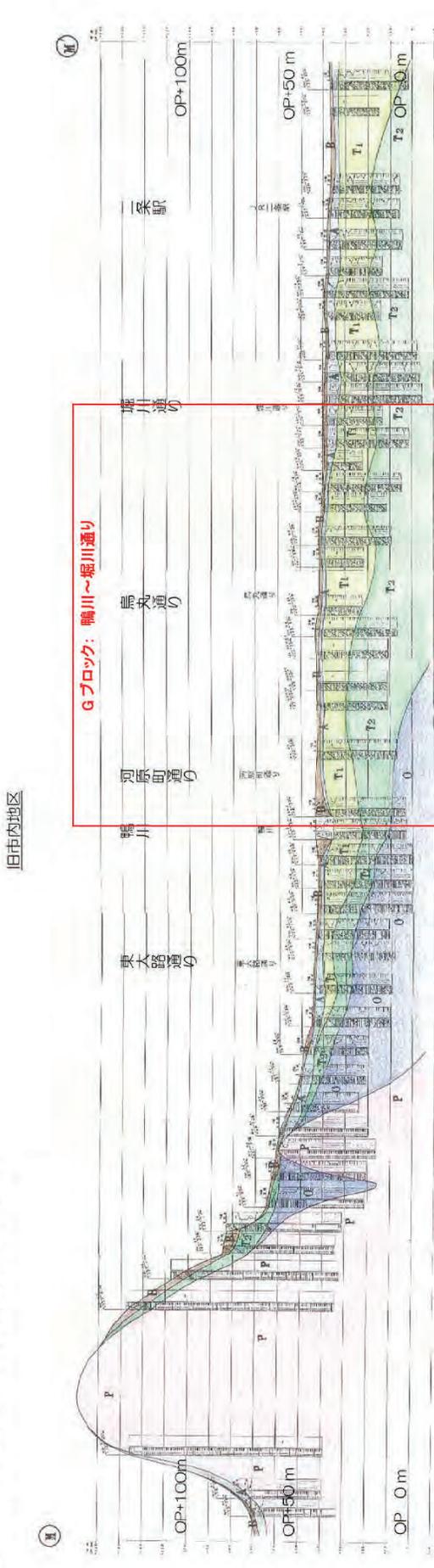
河川や水路の状況		マニングのnの範囲
人工水路・改修河川	コンクリート人工水路	0.014~0.020
	スパイラル半管水路	0.021~0.030
	両岸石張小水路(泥土床)	0.025 (平均値)
	岩盤堀放し	0.035~0.05
	岩盤整正	0.025~0.04
	粘土性河床、洗堀のない程度の流速	0.016~0.022
	砂質ローム、粘土質ローム	0.020 (平均値)
	ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少	0.025~0.033
自然河川	平野の小流路、雑草なし	0.025~0.033
	平野の小流路、雑草、灌木有	0.030~0.040
	平野の小流路、雑草多、礫河床	0.040~0.055
	山地流路、砂利、玉石	0.030~0.050
	山地流路、玉石、大玉石	0.040 以上
	大流路、粘土、砂質床、蛇行少	0.018~0.035
	大流路、礫河床	0.025~0.040

表 8-2 土地利用形態と等価粗度の標準値

出典：「水理公式集-平成 11 年版- (土木学会水理委員会 編, 1999)

土地利用形態	等価粗度 $n(m^{-1/3} \cdot s)$
水 田	2 (1~3)
山 林	0.7 (0.4~0.8)
丘陵・畑地・ゴルフ場・公園	0.3 (0.2~0.4)
市 街 地	0.03 (0.01~0.1)

9. 解析範囲の既往揚水試験及び現場透水試験結果



地層凡例

地層年代	順序区分	記号	地層区分	土質分類
新第三紀	基土・盛土層	B	表土・盛土層	粘土、砂質土、砂質土
新第三紀	沖積層	A	氾濫原堆積層 河原町層	粘土、砂質土、砂質土
新第三紀	上部段丘層	T1	扇状地堆積層	粘土、砂質土
新第三紀	下部段丘層	T2	低段丘層 中段丘正層 高段丘正層	粘土、砂質土
新第三紀	大阪府町上部	O	大阪府町	粘土、砂質土、砂質土
新第三紀	大阪府町下部			
新第三紀	第三紀層	P	基盤岩	粘板岩、千枚岩、花崗岩

地域名	土質名	透水係数 k (cm/sec)	
		範囲	平均
Aブロック	T1	$1.3 \times 10^{-2} \sim 7.3 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$
	T2及びO	$6.1 \times 10^{-3} \sim 1.3 \times 10^{-3}$	$7.1 \times 10^{-4}$
Bブロック	T1	$2.5 \times 10^{-2} \sim 2.6 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^{-2}$
	T2	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-3}$	$2.6 \times 10^{-4}$
Cブロック	T1	$1.4 \times 10^{-2} \sim 1.9 \times 10^{-2}$	$1.6 \times 10^{-2}$
	T2	$4.5 \times 10^{-6} \sim 9.3 \times 10^{-4}$	$2.5 \times 10^{-4}$
Dブロック	T2及びO	$1.2 \times 10^{-5} \sim 9.3 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10^{-4}$
Eブロック	O	$2.0 \times 10^{-5} \sim 7.8 \times 10^{-4}$	$3.1 \times 10^{-4}$
Fブロック	T2	$2.0 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
	T1	$2.2 \times 10^{-4} \sim 3.7 \times 10^{-2}$	$1.4 \times 10^{-2}$
Gブロック	T2	$1.8 \times 10^{-4} \sim 8.1 \times 10^{-4}$	$3.7 \times 10^{-4}$
Hブロック	T1	$1.7 \times 10^{-4} \sim 5.5 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-2}$
	T1	$5.1 \times 10^{-5} \sim 3.1 \times 10^{-4}$	$5.8 \times 10^{-4}$

<解説>

- 地下鉄東西線の京都市役所付近には粘性土の存在は認められない。
- 同既往文献において、大阪府町より上位の砂礫層は、T1層とT2層に区分され、透水係数に大きな差があることが示されている。

図 9-1 地下鉄東西線沿いの地質断面図と T1, T2 の透水係数

出典：「東西線地下水位観測業務委託（その8）観測業務（その1～その8）総合解析 報告書（京都市交通局）」に一部加筆

## 10. 水分特性曲線及び飽和度と比透水係数の関係に関する条件設定

本編の図 2.2.14 上図に示す水分特性曲線は、中野ほか（1995）<sup>※1</sup>の砂質土（砂、砂壤土）を参考に堆積層の  $S-\phi$  関係を、核燃料サイクル開発機構（1999）<sup>※2</sup>の硬岩を参考に基盤岩の  $S-\phi$  関係を設定した。

また、図 2.2.14 下図に示す飽和度と比透水係数の関係は、西垣・竹下（1993）<sup>※3</sup>や核燃料サイクル開発機構（1999）<sup>※2</sup>によれば、土質による違いは少ないと考えられることから、堆積層、基盤岩で共通の  $S-kr$  関係を設定した。

※1：土壌物理環境測定法（中野政詩・宮崎毅・塩沢昌・西村拓、1995、東京大学出版会）

※2：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ— 分冊 2 地層処分の工学技術（核燃料サイクル開発機構、1999）

※3：室内及び原位置における不飽和浸透特性の試験及び調査法に関する研究（西垣誠・竹下祐二、1993、岡山大学）

# 11. 広域解析における再現解析の検討経緯

表 11-1 広域解析における再現解析の検討経緯

ケース	検討経緯	モデル設定の変更点	地下水位 のRMSE (m)	降水量	蒸発散量	流出量	浸透量	蒸発散率	流出率	浸透率	稲荷山 TN (L/min)
				(mm/年)	(mm/年)	(mm/年)	(mm/年)				
目安			小さいほど 良好	-	-	-	-	33%	46%	21%	250-400 ※2
013a1s 第4回 委員会			4.98	1511	661	78	772	44%	5%	51%	39
023a1s 第5回 委員会	・地下水位が高いのは、全般に帯水層の透水係数が小さく、地下水流出しにくいことが要因のひとつと推測。	・帯水層の透水係数を2~2.5倍に大きくする。	4.79	1511	661	344	506	44%	23%	33%	322
	・地下水位が高いのは、地下浸透量（地下水涵養量）が多い（降水量に対する地表流出量の割合が小さい）ことも要因のひとつと推測。	・基盤岩風化部(Base_W)と基盤岩新鮮部(Base)の透水係数を小さくする。 ・粗度係数を一般に知られる設定値の最低にする。 ・自然地盤(S層)の透水係数を10-2cm/sから10-3cm/sに変更。									
	・地下水位が高いのは、本解析の最下流点である淀川の帯水層(A層,Dg1層)が閉鎖境界で、地下水流出しにくいことが要因のひとつと推測。	・最下流点の淀川の帯水層(A層,Dg1層)の境界水位を標高4mに低下。									
	・地下水位が高いのは、三川合流部付近の右岸の透水係数が低く、地下水流出しにくいことが要因のひとつと推測（宇治川の右岸と左岸で区分していた）。	・三川合流部付近では桂川右岸・宇治川右岸にも砂層が広がるものと想定し、沖積層(A(CI)層、A(Sa)層)の分布をより忠実に区分。									
	・地下水位が高いのは、旧河道の高透水路の存在を考慮していないため、地下水流出しにくいことが要因のひとつと推測。	・沖積粘性土層(A(CI)層)のうち旧河道部をA(CI/Oro)層とし、透水係数をA(CI)層より高い10-2cm/sオーダーにする。									
・稲荷山TN湧水量がやや多いのは、基盤岩頁岩(Base(Sh))の透水性が高いためと推測。	・稲荷山TNの湧水量を考慮し、基盤岩新鮮部(Base(Sa))と基盤岩新鮮部(Base(Sh))の透水係数は他と比較して大きくする。										
037a1s 第6回 委員会	・日吉観測井の地下水位が高いのは、基盤岩の分布が適切にモデル化されていないと推測。	・日吉観測井周辺の基盤岩分布を浅く変更。	4.23	1511	489	683	338	32%	45%	22%	406
	・水収支のうち蒸発散量が降水量の44%と多いのは、建物用地でも水田や林地等と同等の蒸発散量が生じていると仮定したためと推測。	・建物用地に該当するメッシュの蒸発散量を降水量の15%に変更。									
	・東西線の工事影響がほとんど出ず、北陸新幹線京都駅（東西配置）でも工事影響が小さいのは、Dg1層が厚く透水係数が大きいためと推測。	・Dg1層をDg1層（上）、Dc1層、Dg1層（下）に細分し、沖積層の層厚も実態に合わせて薄くし、Dg1層（下）、大阪層群のMa層やDg層、上位の沖積層の透水係数を小さくする方向で変更。									
	・砂岩層分布域の影響範囲が際立って広いと推測。	・砂岩新鮮部の透水係数を小さくする方向で調整。									
064a1s 第7回 委員会	・中・小河川が地下水の流出域として機能していると推測。	・河道メッシュの沖積層の透水係数を5.0×10-2cm/sに大きく変更。	3.62	1511	506	638	366	34%	42%	24%	354
	・京都市域の至るところで行われている地下水揚水が地下水位を引き下げていると推測。	・地下水揚水量（2,156万m3/年）を用途別・市区町別の地下水揚水量に応じて8,457万m3/年に変更。									
	・京都市域から京都北部山岳区間に至るまで、岩相ごとの基盤岩や表土層の透水性は同じと推測。	・京都北部山岳区間の再現解析における基盤岩の透水係数設定と整合を図るため、風化部を1.0×10-5cm/sから1.0×10-4cm/s、花崗岩・チャート・玄武岩の新鮮部を2.5×10-7cm/sから2.5×10-6cm/s、表土層の透水を1.0×10-3cm/sから1.0×10-4cm/sに変更。									
・蒸発散量推計方法は、京都北部山岳区間と同じと推測。	・京都北部山岳区間の蒸発散量推定の考え方との整合を図るため、常時水面を見せる「河川及び湖沼」「海水域」には可能蒸発散量を適用。										
067a1s 最終版	・京都市域から京都北部山岳区間に至るまで、岩相ごとの基盤岩の水分特性曲線は同じと推測。	・京都北部山岳区間の再現解析における基盤岩の水分特性曲線と整合を図るため、基盤岩の水分特性曲線を修正。	3.72	1511	506	650	355	34%	43%	23%	378

※1:「改訂地下水ハンドブック（改訂 地下水ハンドブック編集委員会、1998）」より。日本における一般的な降水量に対する割合を概算。

※2:「京都高速道路建設誌（阪神高速道路（株）、2010）」より。トンネル湧水のポンプアップ後（H17.4以降）の湧水量。

## 12. シールドトンネル工事等の水質調査事例

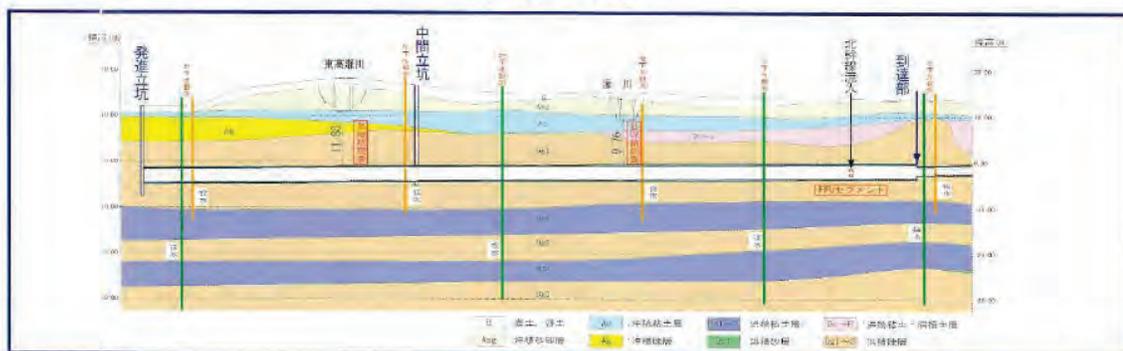
シールドトンネル施工時の地下水水質への影響について、大手筋幹線公共下水道工事のシールドトンネル工事時に京都市が実施した既往調査をもとに整理した。

### a) 大手筋幹線公共下水道工事の施工概要

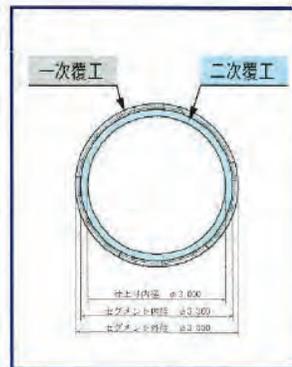
同下水道工事 698m 区間のうち、シールドトンネル施工は掘削外径 3,550mm (3.55m) のシールド機により 689m 区間 (一次覆工) で行われた。施工深度は約 13.5~18.0m、図 12-1 の地質断面図に示すように施工深度の帯水層は最上位の不圧帯水層であった。



<全体平面図>



<地質断面図>



<シールド機>

図 12-1 大手筋幹線公共下水道工事の施工概要

出典：「大手筋幹線 (その1) 公共下水道工事 (京都市下水道局、フジタ・岡野共同企業体)」

b) 水質調査の記録

シールド機が最接近する前後の地下水質の観測は、図 12-2 に示す No. ①地点と No. ⑥地点の 2 箇所の浅井戸観測井（枝番 2）と深井戸観測井（枝番 1）において行われている。掘削区間との離隔は No. ①地点が 10m、No. ⑥地点が 15m である。

図 12-3～図 12-6 の調査記録によれば、表 12-1、表 12-2 の比較表のとおり、浅井戸、深井戸それぞれで掘削区間から離隔 15m の No. ⑥の観測井では濁度の変動が比較的少なかった。また、離隔 10m の No. ①の観測井では濁度の変動が見られた。

- ：浅井戸観測井
  - No①-2（シールドトンネルから 10m） 濁度の変動が見られた
  - No⑥-2（シールドトンネルから 15m） 濁度の変動が比較的少なかった
- ：深井戸観測井
  - No①-1（シールドトンネルから 10m） 濁度の変動が見られた
  - No⑥-1（シールドトンネルから 15m） 濁度の変動が比較的少なかった

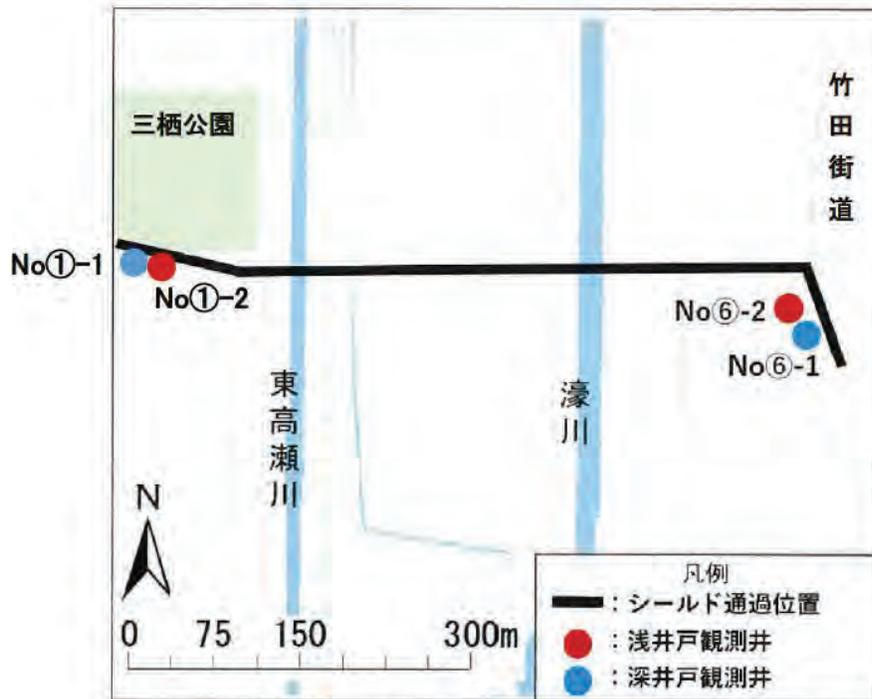


図 12-2 シールド機通過位置と観測井設置場所

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部加筆

【●：浅井戸観測井の観測データ】

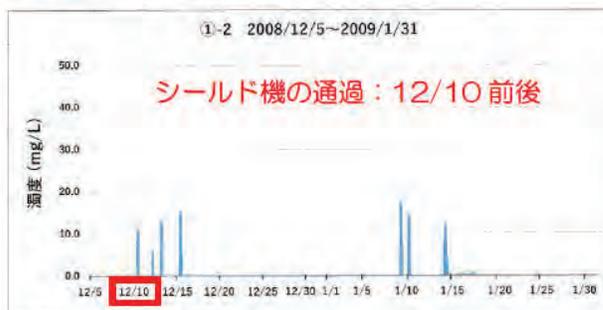


図 12-3 浅井戸観測井 No. ①-2

(2008年12月～2009年1月の濁度挙動)

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部加筆・修正

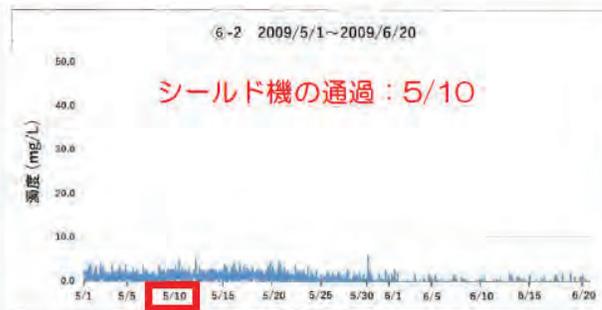


図 12-4 浅井戸観測井 No. ⑥-2

(2009年5月～2009年6月の濁度挙動)

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部加筆・修正

表 12-1 シールド接近・通過期間中の各項目における比較表（浅井戸観測井）

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部修正

浅井戸観測井	①-2	⑥-2
観測井とシールド機の距離	10m	15m
通過地層	Dg1層	Dg1層
濁度変動幅	<b>17.1</b>	3.6
濁度平均値	0.064	<b>0.642</b>

【●：深井戸観測井の観測データ】



図 12-5 深井戸観測井 No. ①-1

(2008年12月～2009年1月の濁度挙動)

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部加筆・修正

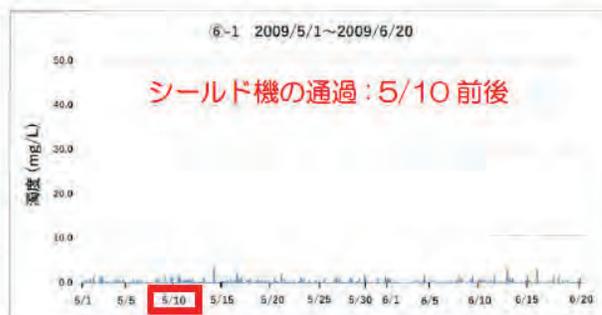


図 12-6 深井戸観測井 No. ⑥-1

(2009年5月～2009年6月の濁度挙動)

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部加筆・修正

表 12-2 シールド接近・通過期間中の各項目における比較表（深井戸観測井）

出典：「関西大学提供資料」をもとに一部修正

深井戸観測井	①-1	⑥-1
観測井とシールド機の距離	10m	15m
通過地層	Dg2層	Dg2層
濁度変動幅	<b>15.8</b>	3.6
濁度平均値	<b>4.038</b>	0.044

### 13. 京都駅部の施工方法と環境保全措置に関する感度解析（詳細モデル）

京都駅周辺の詳細な工事による影響の予測、また、必要に応じて地下水流動保全工法等の環境保全措置を検討することを目的として、感度分析的な視点で三次元地下水浸透流解析を実施した。

#### a) 解析の方針

##### 7) 解析手法・解析範囲

感度解析では、影響が大きいと想定される地下構造物である京都駅部周辺の“地下水”への工事による影響を予測することにより、施工計画（地下構造物の設計や施工方法）の検討に資する評価を行うため、京都市及びその周辺域の解析（広域解析）とは異なり、地下水の解析に特化した解析を行うこととした。広域解析との解析手法の比較を表 13-1 に示す。

感度解析（詳細モデル）の解析範囲については図 13-2 のとおり、広域解析における 0.5m を超える地下水低下・上昇の駅部施工中の影響が約 1km 範囲に現れたため、その範囲を含めて駅周辺 2km 程度の範囲を解析範囲とした。

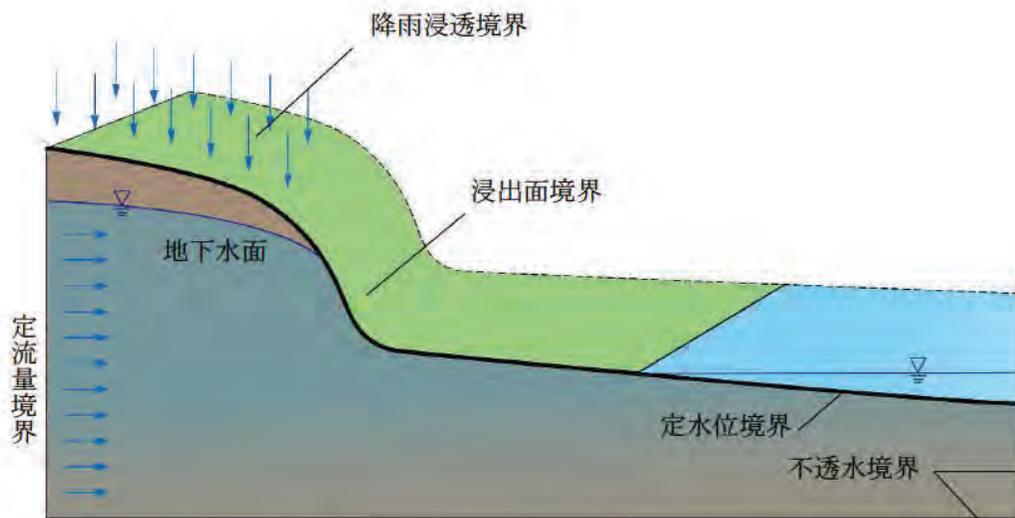


図 13-1 浸透流解析のイメージ図

表 13-1 解析手法の比較

相違点	広域解析	感度解析（詳細モデル）
解析目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解析範囲全域における地下構造物施工等に伴う地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都駅周辺の詳細な工事による影響の予測</li> <li>・必要に応じて、地下水流動保全工法等の環境保全措置の検討</li> </ul>
解析手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・三次元水循環解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・三次元浸透流解析</li> </ul>
解析範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都市域全域</li> <li>※原則として閉鎖境界となる流域界をなぞる範囲とし、境界を越えて流入する河川については既知流量・水頭境界を設定した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・京都駅周辺</li> <li>※広域解析結果に基づき、解析範囲縁辺に設定する既知水頭境界が駅部の解析結果に影響しないよう設定した。</li> </ul>
計算対象 水文要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水</li> <li>・地表水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水</li> </ul>
要素分割	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素形状：四角柱</li> <li>・最小辺長：約 10m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素形状：三角柱</li> <li>・最小辺長：約 1m</li> </ul>
主な入力 パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降水量、蒸発散量</li> <li>・地表面の粗度係数</li> <li>・河川取水・排水量</li> <li>・地層の水理定数（透水係数、比貯留量、有効空隙率、水分特性曲線）</li> <li>・地下水揚水量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下浸透量</li> <li>・地層の水理定数（透水係数、比貯留量、有効空隙率、水分特性曲線）</li> <li>・地下水揚水量</li> </ul>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位</li> <li>・河川・沢水流量</li> <li>・鉄道施設等の工事及び存在による地下水位の変化</li> <li>・河川、沢水流量の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位</li> <li>・鉄道施設等の工事及び存在による地下水位の変化</li> </ul>
影響・ 保全対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位</li> <li>・河川・沢水流量</li> <li>・地下水利用施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水位</li> <li>・地下水利用施設</li> </ul>



イ) 広域解析との整合性確認

広域解析との整合性確認は、以下に示す要領で行うものとした。

①解析期間設定

- ・平水年気象条件下での定常計算（気象条件などの外力が一定の下での計算）とする。

②広域解析との整合性確認の方法

- ・任意地点における地下水位および地下水位コンターの比較。

ウ) 影響解析

地下構造物施工等に伴う地下水等への影響解析は、以下に示す要領で行うものとした。

①解析期間設定

- ・平水年気象条件下での定常計算とする。

②影響予測の方法

- ・施工中・後、及び工法ごとに、地下水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行う。

## b) 三次元モデルの構築

### ア) 浸透流解析モデル

使用する浸透流解析モデル AC-UNSAF3D では、以下の支配方程式を解く。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_r \left( K_{ij}^s \frac{\partial \psi}{\partial x_i} + K_{i3}^s \right) \right) - q = (\beta S_s + C) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (1)$$

$i, j = 1, 2, 3, (1: x, 2: y, 3: z)$

ここで、

$x, y, z$  : 座標

$K_{ij}^s$  : 飽和透水係数

$K_r$  : 比透水係数

※透水係数  $K$  は飽和透水係数(地盤依存)  $K^s$  と相対透水係数(飽和度依存)  $K_r$  の積で表す

$q$  : 単位体積当たりのシンク/ソース流量

$S_s$  : 比貯留係数

$C(\psi) \equiv d\theta/d\psi$  : 比水分容量

$t$  : 時間

$\beta$  : 0 のとき不飽和領域、1 のとき飽和領域

浸透問題の数値解析において離散化が見られるのは、空間と時間についてである。いずれも、微分方程式で表されているが、このままでは、計算機の中でこれらの方程式を全対象領域で連続関数として取り扱うことが困難であることから、数値解析では十分に小さいとみなせる要素内あるいは時間々隔内では、連続関数であると仮定した上で離散化を図る。AC-UNSAF3D では、空間の離散化に Galerkin 有限要素法を用いている。

ここで、式(1)はあくまでも一つの微小要素内での釣り合いを考慮したものであるため、微小とは言えない大きさの要素にわたっての釣り合い関係を評価するためには、要素内での水頭分布を近似する必要がある。有限要素法では、この水頭近似に内挿関数が用いられ、任意の座標  $(x, y, z)$  における内挿近似水頭は次のように表される。

$$\psi^N(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z) \psi_i(t) \quad (2)$$

ここで、

$\psi_i$  : 多角形頂点(節点)上の水頭

$N_i$  : 各節点に対応した要素内の内挿関数

$\psi^N$  : 内挿近似水頭

このような内挿関数の特徴は次のとおりである。

・任意点での関数値の総和は1である：
$$\sum_{i=1}^n N_i(x, y, z) = 1 \quad (3)$$

・節点  $i$  上での内挿関数  $N_i$  の値は1、それ以外の関数値は0である。

このように、水頭分布を内挿関数で近似したことで、実際の水頭分布と幾ばくかの差違が生じる。つまり、支配方程式(式 2-1)に内挿近似水頭  $\psi^N$  を導入すると、残差があることから以下のように式値は0にならない。

$$L(\psi^N(x, y, z, t)) \equiv \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_r \left( K_{ij}^s \frac{\partial \psi^N}{\partial x_i} + K_{i3}^s \right) \right) - q - (\beta S_s + C) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \neq 0 \quad (4)$$

AC-UNSAF3D では、全体領域  $V$  での全体的な残差を0にするために、残差方程式に重みを掛けたものを領域全体にわたって平均化(積分)する重み付き残差法(WRM)を用いている。

$$\int_V L(\psi^N(x, y, z, t)) W(x, y, z) dV = 0 \quad (5)$$

そして、ここで重み関数  $W$  に内挿関数  $N$  を適用する Galerkin 法を用いて定式化を行っている。AC-UNSAF3D の3次元有限要素式は次のとおりである。

$$[A_{ij}] \{\psi_j\} + [F_{ij}] \left\{ \frac{d\psi_i}{dt} \right\} = \{Q_j\} - \{B_j\} - \{D_j\} \quad (6)$$

ここで、

$$[A_{ij}] = \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} [A_{ij}]^e = \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{V^e} \left[ \begin{array}{l} \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left( K_r K_{xx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left( K_r K_{xy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left( K_r K_{xz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \\ + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left( K_r K_{yx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left( K_r K_{yy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left( K_r K_{yz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \\ + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left( K_r K_{zx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left( K_r K_{zy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left( K_r K_{zz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \end{array} \right] dV^e \quad (7. a)$$

$$\begin{aligned} \{B_j\} &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \{B_j\}^e \\ &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{V^e} K_r K_{xz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial x} + K_r K_{yz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial y} + K_r K_{zz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial z} dV^e \end{aligned} \quad (7. b)$$

$$\begin{aligned} \{Q_j\} &= - \sum_{e=1}^{Num.Elements} \{Q_j\}^e \\ &= - \sum_{e=1}^{Num.Elements} \int_{R^e} W_i^e N_j^e (V_{xj} + V_{yj} + V_{zj}) dR^e \end{aligned} \quad (7. c)$$

$$\begin{aligned} \{D_j\} &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} \{D_j\}^e \\ &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} \int_{V^e} q W_i^e dV^e \end{aligned} \quad (7. d)$$

$$\begin{aligned} [F_{ij}] &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} [F_{ij}]^e \\ &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} \int_{V^e} (\beta S_s + c) N_j^e W_i^e dV^e \end{aligned} \quad (7. e)$$

1) 境界条件

本感度解析で用いる主な境界条件は下記に示すとおりである。

- ① 既知水頭境界
- ② 既知流量境界
- ③ 浸出面境界
- ④ 降雨浸透境界

本検討においては、広域解析の結果を最大限活用し、各箇所において表 13-2 のとおり境界条件を設定した。

表 13-2 感度解析の境界条件

設定箇所	境界条件	設定方法
解析範囲外縁	① 既知水頭境界	広域解析における再現解析結果から解析範囲外縁の地下水位を抽出して設定。
地表面	④ 降雨浸透境界 (③ 浸出面境界)	広域解析で算定した地下浸透量を設定。 (地下水が地表面より高い場合、浸出面境界となる。)
地下水揚水地点	② 既知流量境界 (① 既知水頭境界)	把握できた地下水揚水地点について揚水量を設定。 (地下水位低下工法の予測条件となるディープウェルやウェルポイントによる地下水揚水については、低下目標水位を既知水頭境界として設定した。)

り) 北陸新幹線に係る地下構造物

感度解析の実施にあたり、広域解析で構築した三次元モデルを活用して詳細なモデルを構築した。しかし、広域解析は対象範囲が広いため、メッシュ数の制約から北陸新幹線に係る構造物等の形状表現はおおまかであり、例えば、シールド部のトンネル断面は四角形で表現し、土留壁はメッシュ化していない。このため、感度解析では、これら北陸新幹線に係る地下構造物をできる限り実態に近いものとし、トンネル断面は14角形、駅部の土留壁は厚みを持った四角柱で形状表現した。

構築した駅部周辺のメッシュ区分(平面図)を図13-3に、駅部周辺およびシールド部のメッシュ区分(鳥観図)を図13-4、図13-5に示す。

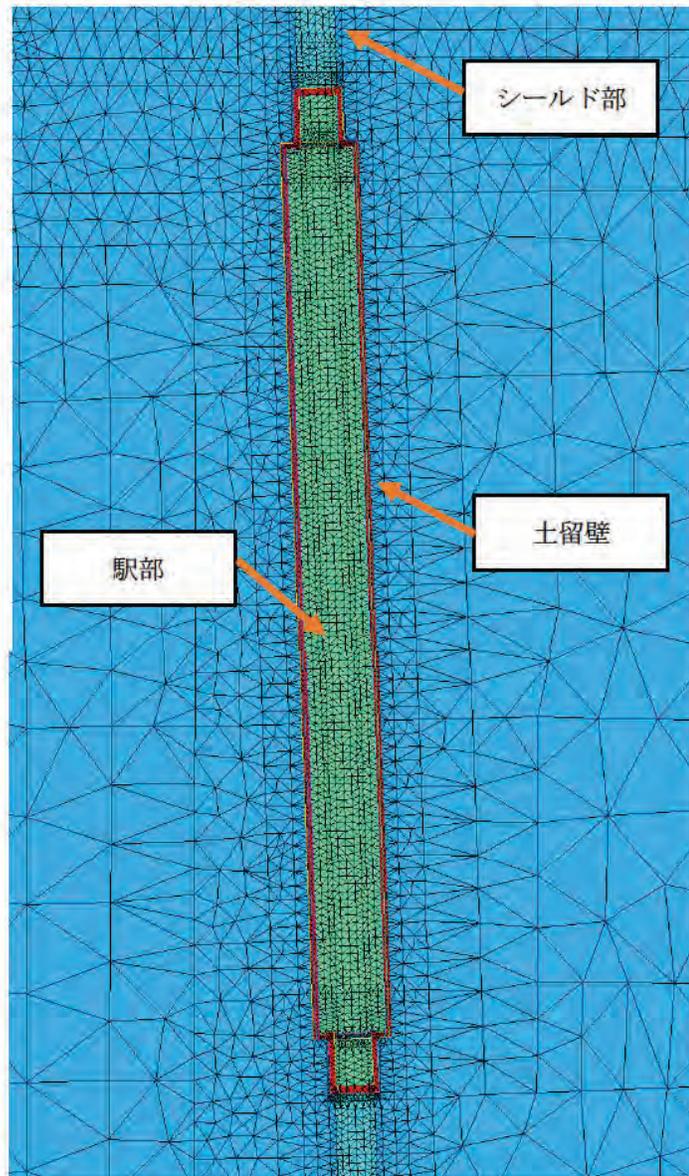


図 13-3 駅部周辺のメッシュ区分(平面図)

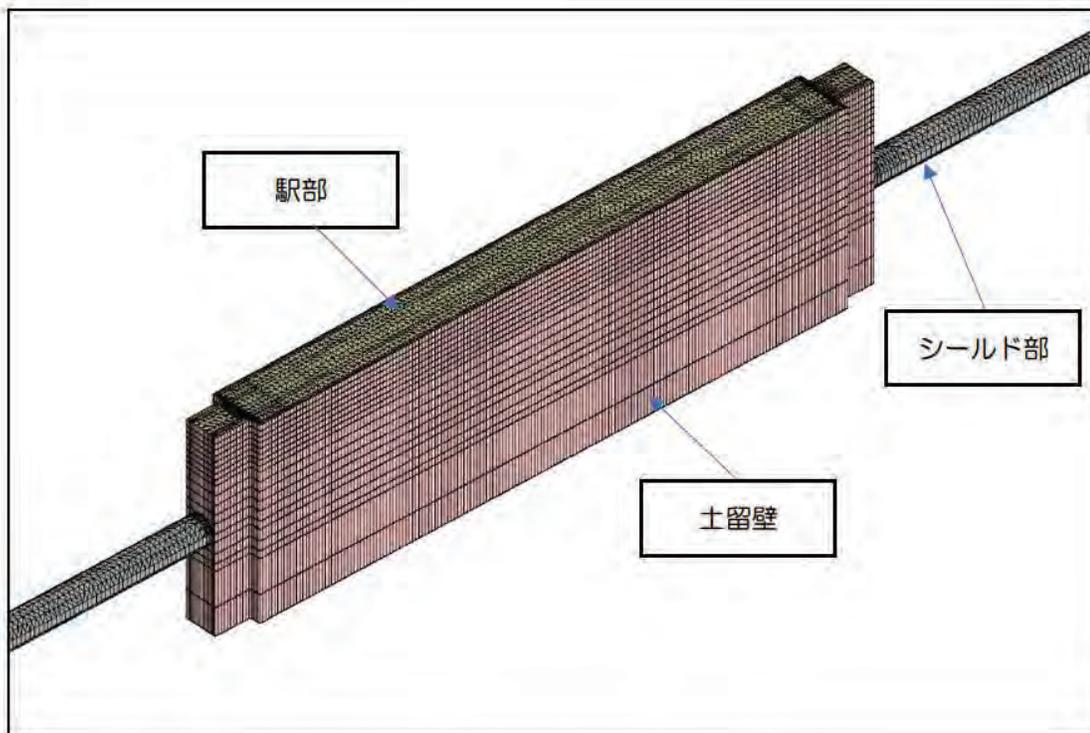


図 13-4 駅部周辺のメッシュ区分（鳥観図）

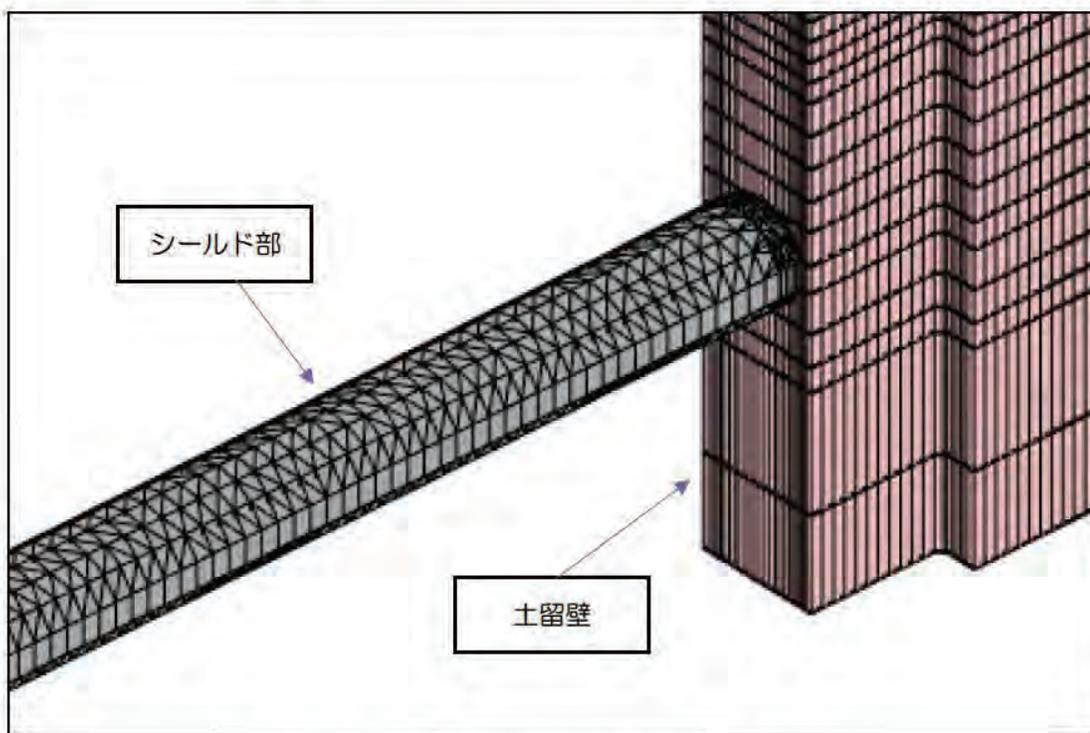


図 13-5 シールド部のメッシュ区分（鳥観図）

#### エ) 三次元地質モデル

感度解析の三次元地質モデルは、広域解析で設定した地層モデル区分を踏襲しつつ、より詳細な水理地質区分を検討した。具体には、三次元地質モデルの鉛直方向のレイヤーを広域解析に比して細分化した。特に、主な帯水層 (Dg1 層) については広域解析の倍程度のレイヤー数に設定し、1~2m の薄い粘性土層についても再現できるようにした。このような水理地質区分の詳細化にあたり、参考としたボーリング調査結果を表 13-3、図 13-6 に示す。ボーリング調査結果の収集範囲は京都駅から半径 1km 程度かつ掘削深度 30m 以上とした。

収集したボーリング調査結果を用い、簡易的な水理地質区分 (砂礫層、粘性土層のみの区分) を行った。そして平面的・深度的に連続すると考えられる粘性土層を繋ぐ形で水理地質断面図を作成し、以下に示す新たに 5 つの粘性土層を設定した。各粘性土層の位置および断面位置を図 13-6 に示す。そして、作成した水理地質断面図および構築した感度解析の断面図の例を図 13-7 (EW-2 断面)、図 13-8 (001 断面 南側) に示す。

#### < 京都駅周辺部で新たに追加した粘性土層 >

- Pc1 層 : T. P. 10m 付近 (Dg1 (上) 内部)
- Pc2 層 : T. P. 10m 付近 (Dg1 (上) 内部)
- Pc3 層 : T. P. 10m 付近 (Dg1 (上) 内部)
- Pc4 層 : T. P. -20m 付近 (Dg1 (下) 内部)
- Pc5 層 : T. P. -20m 付近 (Dg1 (下) 内部)

表 13-3 収集した既往ボーリング一覧

ボーリングID	緯度	経度	掘進長	孔口標高(T.P)	出典
					水文調査2
					地質調査4
KD-1	34.9675	135.7577	350.00	21.00	京都市調査
KD-2	35.0126	135.7504	350.00	40.00	京都市調査
5543360220	34.9878	135.7525	65.30	26.92	Kunijiban
554336023F1	34.9877	135.7528	35.17	26.73	Kunijiban
554336017F1	34.9839	135.7540	35.21	24.97	Kunijiban
D717	35.0031	135.7595	50.00	37.02	KG-NET
D719	34.9999	135.7595	50.05	34.79	KG-NET
D721	34.9952	135.7595	50.00	32.94	KG-NET
W061	34.9962	135.7676	32.50	35.20	KG-NET
Q309	34.9959	135.7491	31.35	29.98	KG-NET
D722	34.9948	135.7598	30.30	32.13	KG-NET
D723	34.9921	135.7599	30.40	30.98	KG-NET
D724	34.9903	135.7599	50.00	30.01	KG-NET
Q514	34.9899	135.7641	33.31	30.04	KG-NET
D725	34.9896	135.7598	30.00	28.75	KG-NET
Q513	34.9884	135.7627	31.33	29.94	KG-NET
S055	34.9879	135.7529	35.17	26.73	KG-NET
Kh93	34.9867	135.7526	30.00	24.70	KG-NET
B377	34.9866	135.7456	70.00	26.00	KG-NET
E730	34.9855	135.7563	40.40	27.73	KG-NET
E725	34.9854	135.7598	45.50	28.91	KG-NET
E727	34.9850	135.7559	42.30	27.81	KG-NET
E726	34.9850	135.7573	43.35	28.61	KG-NET
E724	34.9858	135.7609	60.50	27.75	KG-NET
E728	34.9854	135.7571	43.50	28.94	KG-NET
E729	34.9850	135.7585	41.30	27.67	KG-NET
Kj77	34.9843	135.7803	51.00	78.10	KG-NET
S060	34.9842	135.7540	35.21	24.97	KG-NET
Ki14	34.9840	135.7555	30.00	25.90	KG-NET
D736	34.9824	135.7593	50.00	25.40	KG-NET
D737	34.9807	135.7594	30.45	25.45	KG-NET
D738	34.9797	135.7597	50.30	24.40	KG-NET
Q185	34.9785	135.7601	30.35	24.78	KG-NET
Q182	34.9780	135.7600	36.50	24.62	KG-NET
D739	34.9775	135.7596	30.10	23.28	KG-NET
Q451	34.9773	135.7606	30.50	24.13	KG-NET
M905	34.9771	135.7469	32.00	21.00	KG-NET
Q623	34.9762	135.7627	34.40	24.63	KG-NET
Q620	34.9761	135.7596	33.45	23.04	KG-NET
Q622	34.9761	135.7615	34.40	23.74	KG-NET
Q621	34.9761	135.7608	33.40	23.49	KG-NET
Kj17	34.9761	135.7653	30.00	26.30	KG-NET
Q616	34.9760	135.7554	40.45	21.75	KG-NET
Q618	34.9760	135.7574	33.30	22.12	KG-NET
Q624	34.9760	135.7635	42.39	23.99	KG-NET
Q619	34.9760	135.7587	32.35	22.45	KG-NET
Q617	34.9760	135.7565	33.30	21.96	KG-NET
S063	34.9756	135.7470	35.50	22.43	KG-NET
D741	34.9735	135.7598	50.50	22.20	KG-NET
D727	34.9707	135.7598	50.00	21.20	KG-NET

※水文調査2：「北陸新幹線（敦賀・新大阪間）水文調査2 報告書（パシフィックコンサルタンツ株式会社、2021）」

※地質調査4：「大支役29第23号 敦賀・新大阪間地質調査4 報告書（国際航業株式会社、2020）」

※京都市調査：「平成11年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2000）」及び「平成12年度 地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書（京都市消防局防災対策室、2001）」

※Kunijiban：「国土地盤情報検索サイト KuniJiban」(<https://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>)

※KG-NET：「関西圏地盤情報ネットワーク」(<https://www.kg-net2005.jp/>)

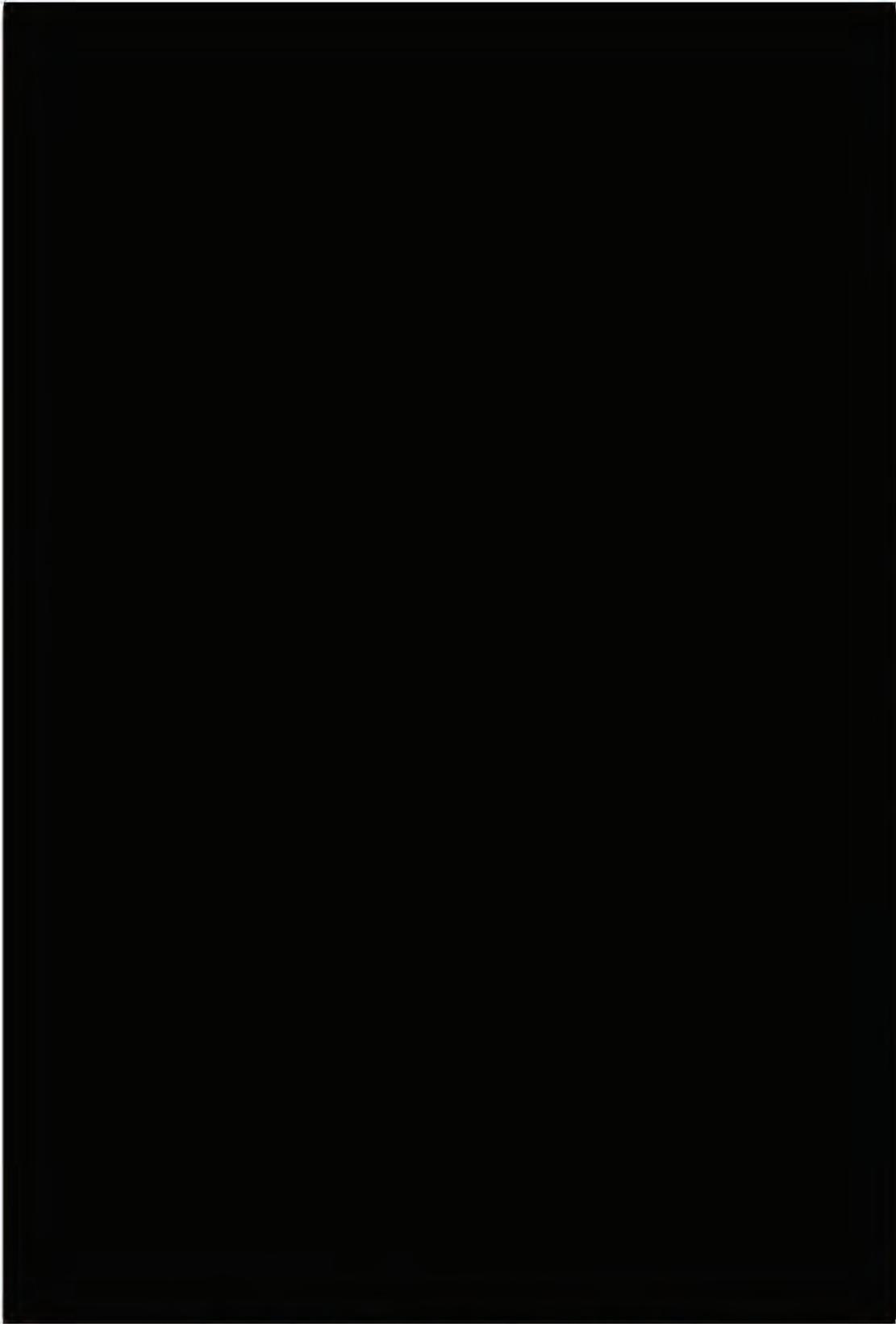


図 13-6 既往ボーリング位置及び水理地質断面図位置

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に各種ボーリング調査位置を追加して掲載

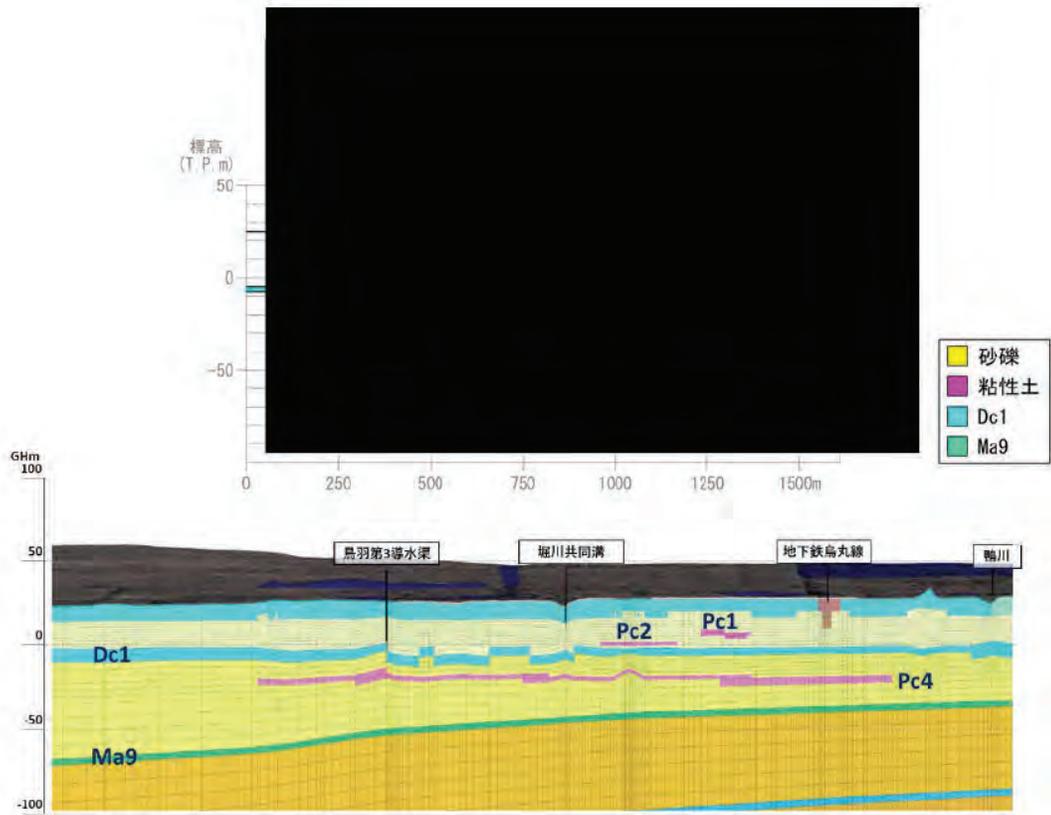


図 13-7 水理地質断面図および詳細モデル断面図（例：EW-2 断面）

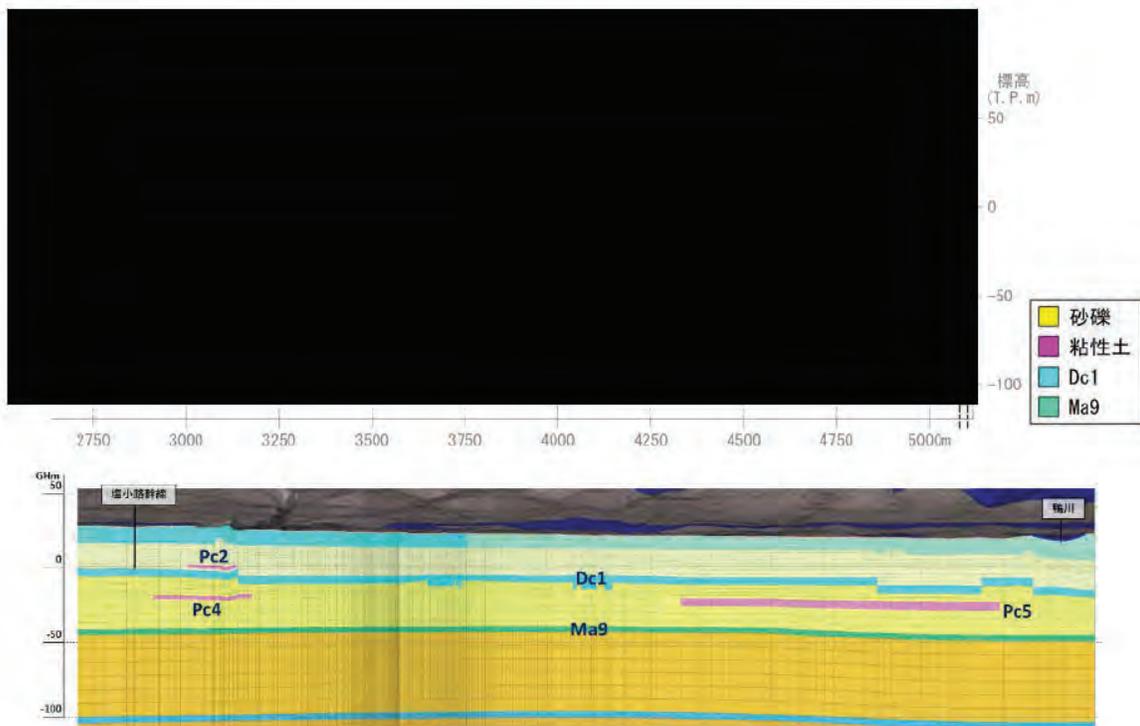


図 13-8 水理地質断面図および詳細モデル断面図（例：001 断面 南側）

c) 広域解析との整合性確認

感度解析は京都市域を対象とした広域解析の結果を引き継ぐものであることから、広域解析の結果と概ね整合するものでなければならない。ここでは、広域解析における再現解析時の地下水位分布と影響解析時の地下水位低下量について比較・検証することにより、感度解析と広域解析の整合性について確認した。

7) 再現解析時の地下水位分布

感度解析の範囲内における交差点を図 13-9 のとおり抽出し、感度解析における計算地下水位と広域解析における計算地下水位を比較した。比較の結果を図 13-10 に示す。広域解析と比較して感度解析の地下水位はやや高いものの概ね整合しており、RMSE、誤差平均ともに 1m 未満を示した。また、地下水位コンターの比較を図 13-11 に示すが、広域解析・感度解析ともに北東から南西方向へ向かう流れを示し、地下水流向も概ね整合した。



図 13-9 広域解析との整合性確認地点

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に整合性確認地点位置を追加して掲載

統計指標	
RMSE (二乗平均平方根誤差)	0.95 m
誤差平均	0.78 m
原点を通る一次回帰直線の相関係数	0.9997

検証地点	地下水位 (m)		誤差(m)
	広域解析結果	感度解析結果	
堀川五条	28.7	29.6	0.9
烏丸五条	30.5	30.5	0.0
河原町五条	30.0	31.2	1.1
七条堀川	25.9	26.3	0.4
烏丸七条	26.6	28.1	1.4
七条河原町	26.9	27.9	0.9
八条油小路	23.5	23.9	0.4
烏丸八条	24.0	24.5	0.5
河原町八条	24.7	25.3	0.6
九条油小路	21.5	21.9	0.4
九条烏丸	22.4	24.4	2.1
九条河原町	22.2	22.8	0.6
十条油小路	19.3	19.8	0.5
十条烏丸	20.1	20.3	0.2
河原町十条	19.0	20.5	1.5

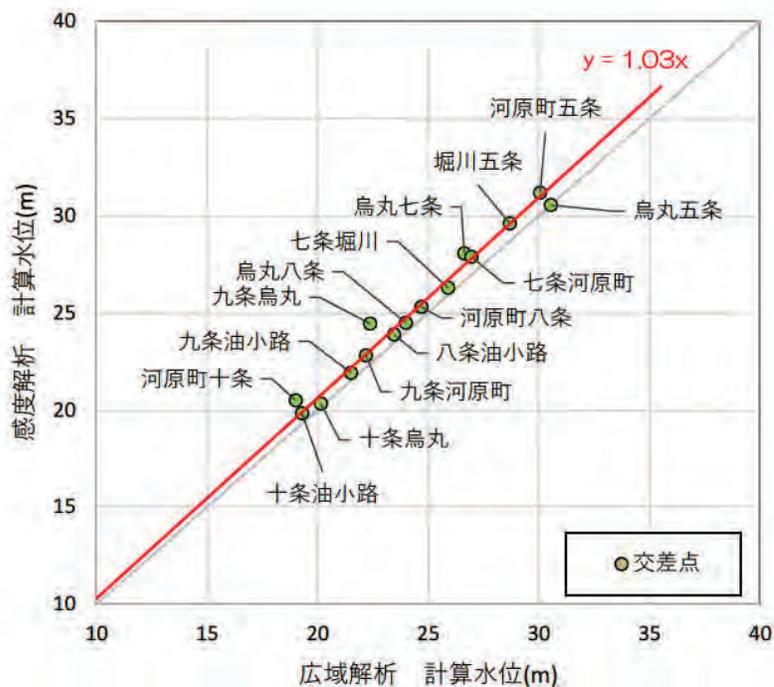
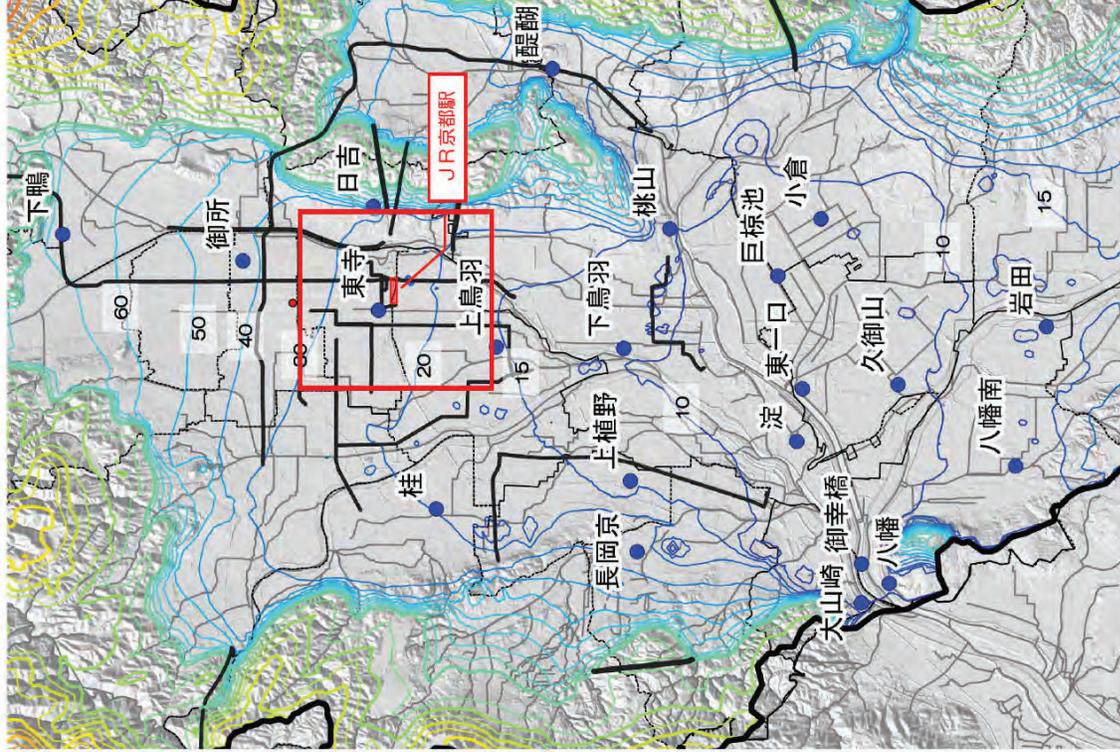
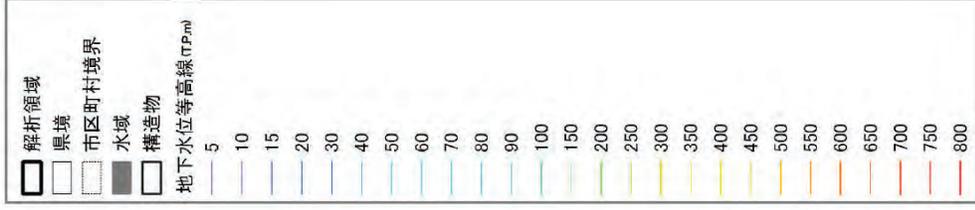
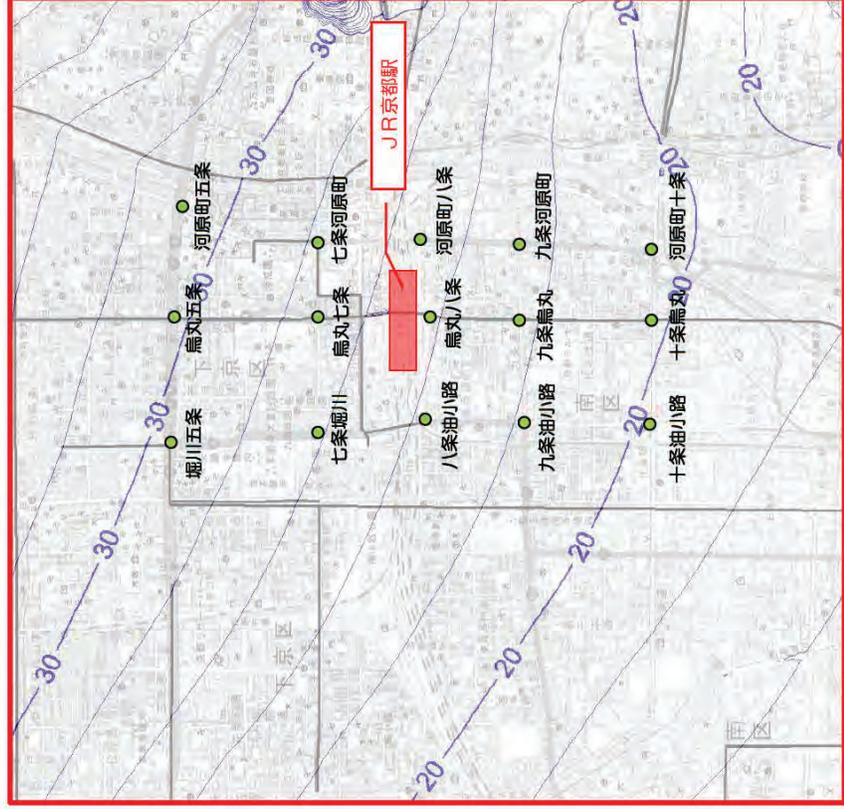


図 13-10 広域解析との整合性確認 (整合性確認地点の地下水位の比較)



地下水位コンタナー図 (広域解析 再現解析結果)

出典：「数値標高モデル (国土交通省 国土地理院)」に解析結果他を追加して掲載



地下水位コンタナー図 (感度解析 再現解析結果)

出典：「地理院タイル彩色地図 (国土交通省 国土地理院)」に解析結果他を追加して掲載

図 13-11 広域解析との整合性確認 (地下水位コンタナーの比較)

イ) 影響解析時の地下水位低下量

広域解析と同様の条件で影響解析を実施し、感度解析の地下水位変化量と広域解析の地下水位変化量を比較した。

なお、広域解析でメッシュ化しなかった土留壁を感度解析ではメッシュ化したことから、可能な限り広域解析と近い条件となるよう、図 13-12 のとおり設定した。

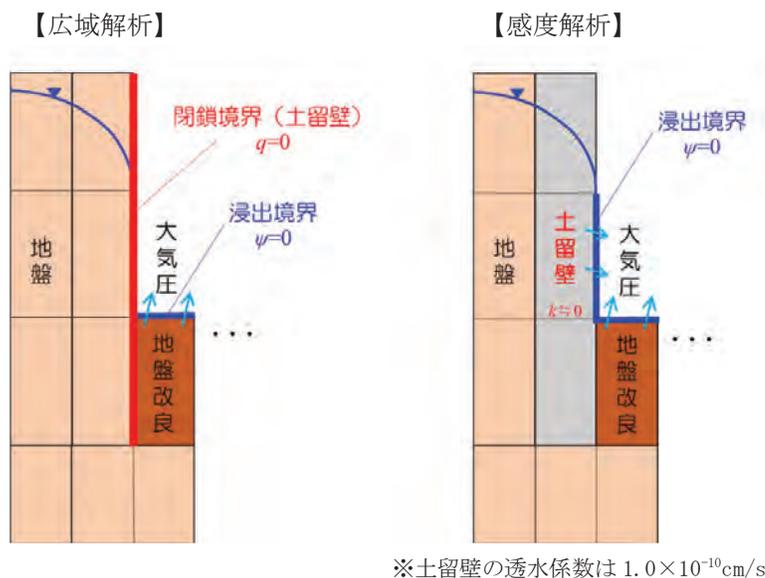


図 13-12 駅部（開削区間）の施工中の解析設定

南北駅配置、東西駅配置の各案にて実施した影響解析時の地下水位変化量の検証結果を、表 13-4 及び表 13-5 に示す。各案において、施工中の地下水低下範囲が広域解析と比較してやや小さい範囲を示す等、多少の差は見られるものの、広域解析と感度解析の影響範囲は概ね一致した。

ウ) 広域解析との整合性について

構築した詳細モデルと解析に必要な水理定数及びパラメータは、上述のア)、イ) の確認結果より、北陸新幹線の地下構造物（シールドトンネル、駅部）の施工中・施工後の地下水への最大影響の予測及び環境保全措置の検討を行ううえで、支障ないと判断した。

表 13-4(1) 広域解析との整合性確認（影響解析結果の比較）【南北駅配置】

予測対象 比較対象	広域解析	感度解析
<p>地下水位 変化コン ター図</p>	<p>地下水位 (m)</p> <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省「地理院」に解析結果を追加して掲載）」</p>	<p>全水頭 差分図 (m)</p> <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省「地理院」に解析結果を追加して掲載）」</p>
	<p>駅部（開削）区間</p> <p>駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。</p>	<p>駅部（開削）区間</p> <p>駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。</p> <p>広域解析と比較して地下水位低下域はやや小さいものの、概ね同等の影響範囲を示している。</p>

表 13-4(2) 広域解析との整合性確認（影響解析結果の比較）【南北駅配置】

地下水位（施工後）	
広域解析	感度解析
<p>予測対象 比較対象</p> <p style="text-align: center;">地下水位 変化コン タ－図</p> <p>市町村境界 水域 構造物 自由地下水位差分(m) 5 4 3 2 1 0.5 0 -0.5 -1 -2 -3 -4 -5 -10 -50 -100</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>	<p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>
<p>駅部（開削）区間</p> <p>残置する土留壁とその間の駅躯体及び施工中の地盤改良部が地下水流動を阻害するが、地下水上昇・低下域は最大±0.5m 未満と極めて軽微である。</p>	<p>駅部（開削）区間</p> <p>残置する土留壁とその間の駅躯体及び施工中の地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅東側に最大+1.0m 程度の地下水水位上昇域が生じる。広域解析と概ね同等の影響範囲を示している。</p>

表 13-5(1) 広域解析との整合性確認（影響解析結果の比較）【東西駅配置】

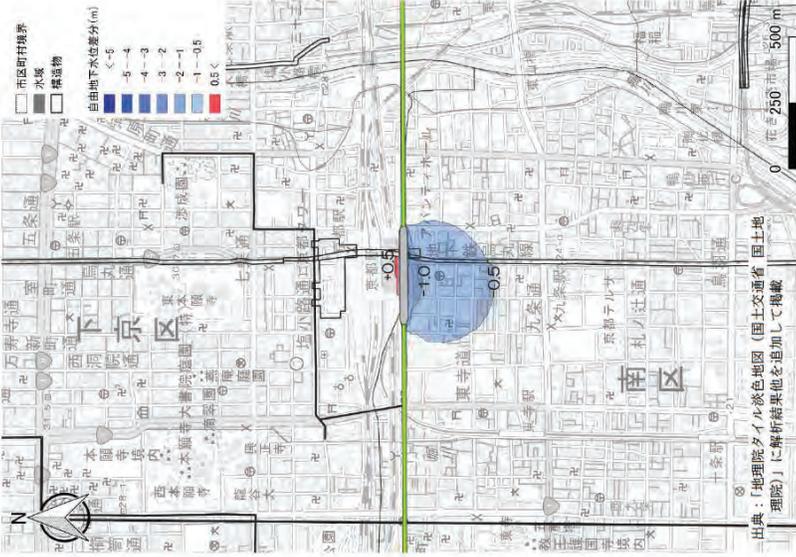
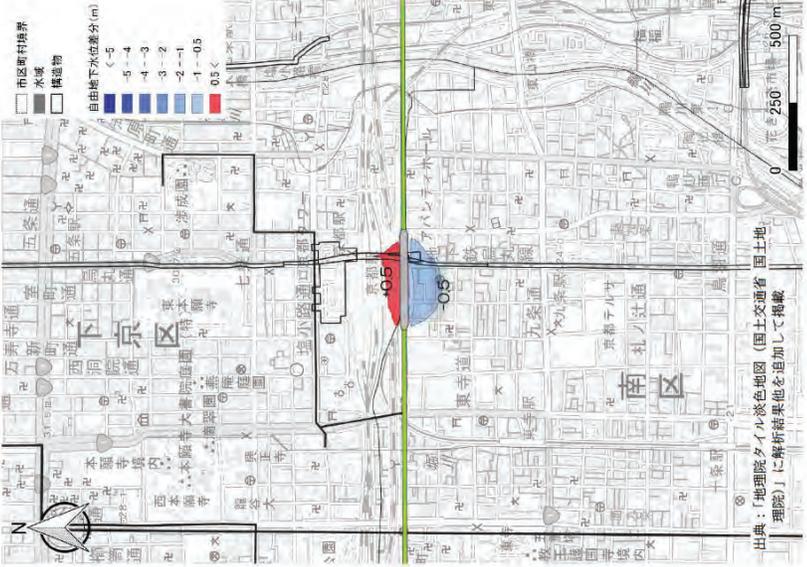
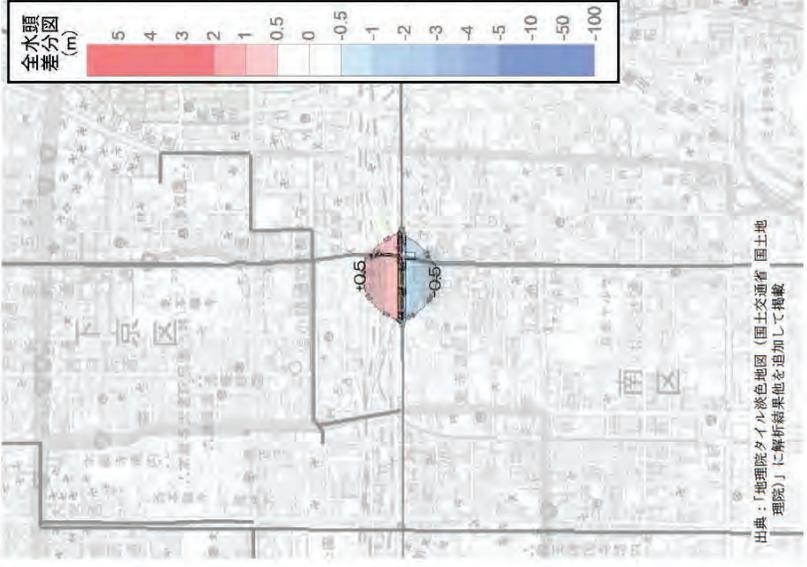
予測対象 比較対象	広域解析	感度解析
<p>地下水位 変化コン ター図</p>	 <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>	 <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>
	<p>駅部（開削）区間 駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大+0.5m程度の地下水位上昇域が生じる。駅南側では最大-2.0mの地下水位低下域が生じる。</p>	<p>駅部（開削）区間 駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大+1.0mの地下水位上昇域が生じる。駅南側では最大-2.0mの地下水位低下域が生じる。 広域解析と比較して地下水位上昇域はやや広く、地下水位低下域はやや小さいものの、概ね同等の影響範囲を示している。</p>

表 13-5(2) 広域解析との整合性確認（影響解析結果の比較）【東西駅配置】

予測対象 比較対象	広域解析	感度解析
<p>地下水位 変化コン ター図</p>		
	<p>駅部（開削）区間</p> <p>残置する土留壁とその間の駅躯体及び施工中の地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側に最大+0.5m程度の地下水水位上昇域、駅南側に最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。</p>	<p>駅部（開削）区間</p> <p>残置する土留壁とその間の駅躯体及び施工中の地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側に最大+1.0m程度の地下水水位上昇域、駅南側に最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。</p> <p>広域解析と比較して地下水水位上昇域はやや広いものの、概ね同等の影響範囲を示している。</p>

## d) 影響解析

### ア) 解析対象工程

影響解析では、解析対象として施工中・施工後それぞれで駅周辺の地下水位に対して最大影響を与える施工段階で感度解析を行った。

#### 【施工中】（表 13-6 参照）

施工中においては、地盤改良実施後に予定開削深度まで開削した時点が駅周辺の水文環境に影響を及ぼす可能性が高いと考えられるため、この条件で感度解析を実施した。なお、開削深度～土留壁根入れ深度の範囲では全深度で地盤改良を実施する可能性があるが、影響の大きい条件を想定するため、2層構造（各2m）の地盤改良とした。

また、開削中の地下水位低下工法は想定していないが、地下水への影響が大きい条件を確認するため、補助工法として開削範囲内側にWP（ウェルポイント）の設置を見込み、開削深度-2m程度まで水位低下させることを検討した。さらに、環境保全措置としてRW（リチャージ Jewel）を設置し低下した地下水を保全するリチャージ工法の検討を行った。

以上のケースについて感度解析を行うにあたり、京都駅部は現在 ① 南北駅配置、② 東西駅配置の2ルートが検討されているため、各ルートに対して「補助工法なし」の感度解析を実施した。その後、工法ごとに地下水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行うため、「補助工法なし」において地下水影響の大きい結果（解析結果後述）となった ② 東西駅配置を対象に「補助工法あり」の2ケースの感度解析を実施した。

#### 【施工後】（表 13-7 参照）

駅躯体の施工が完了し土留壁を残置した場合が駅周辺の水文環境に影響を及ぼす可能性が高いと考えられるため、この条件で感度解析を実施した。また、流動保全として地下水流動保全工法の効果を予測しておくことが望まれるため、駅躯体上部の土留壁に取水・涵養機能を付加して通水盤を設置する工法を検討した。

施工後についても、① 南北駅配置、② 東西駅配置の各ルートに対して「流動保全なし」の感度解析を実施した。その後、工法ごとに地下水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行うため、「流動保全なし」において地下水影響の大きい結果（解析結果後述）となった ② 東西駅配置を対象に「流動保全あり」の感度解析を実施した。

表 13-6 影響解析ケース【施工中】

ケース	補助工法なし	補助工法あり	補助工法あり＋流動保全あり
解析の目的	駅部施工に伴う周辺地下水への影響を確認	補助工法あり ・地下水位低下工法	補助工法あり＋流動保全あり ・地下水位低下工法 ・地下水保全工法（リチャージ工法）
施工段階	予定深度まで開削	予定深度まで開削	予定深度まで開削
解析対象とするルート	① 南北駅配置 ② 東西駅配置	「施工中：補助工法なし」において地下水影響の大きいルート → ② 東西駅配置	「施工中：補助工法なし」において地下水影響の大きいルート → ② 東西駅配置
土留壁	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s
釜漏排水	掘削底面に滲出する水を集水してくみ上げ排水	掘削底面に滲出する水を集水してくみ上げ排水	掘削底面に滲出する水を集水してくみ上げ排水
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-5}$ cm/s	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-5}$ cm/s	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-5}$ cm/s
駅躯体	無し	無し	無し
地下水位低下工法	無し	WPの配置：開削範囲内部 WPの間隔：100m間隔、4本 WPの効果：開削深度-2m程度まで水位低下	WPの配置：開削範囲内部 WPの間隔：100m間隔、4本 WPの効果：開削深度-2m程度まで水位低下
地下水保全工法	無し	無し	RWの配置：開削範囲外（離隔10m） RWの間隔：100m間隔、8本 RWの効果：WPの漏水量を分配して涵養
断面図			

表 13-7 影響解析ケース【施工後】

ケース	流動保全なし	流動保全あり ・地下水保全工法（流動保全工法）
解析の目的	駅部施工に伴う周辺地下水への影響を確認	地下水流動保全工による保全措置の効果検証
施工段階	施工後（土留壁および駅躯体残置）	施工後（土留壁および駅躯体残置）
解析対象とするルート	① 南北駅配線 ② 東西駅配線	「施工後：補助工法なし」において地下水影響の大きいルート
土留壁	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$
釜場排水	無し	無し
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-9} \text{cm/s}$	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-9} \text{cm/s}$
駅躯体	有り	有り
地下水位低下工法	無し	無し
地下水保全工法	無し	駅躯体上部の土留壁に取水・ろ過機能を付加 通水盤（透水性：砂礫相当）を1m設置
断面図		

イ) 影響解析結果

構築した詳細モデルを用い、2つのルート（京都駅 南北駅配置および東西駅配置）について影響解析を行い、工事影響の概略予測を行った。影響解析の結果を表 13-8 及び表 13-9 以下に述べる。

表 13-8 影響解析結果【施工中】

工法	南北駅配置	東西駅配置
補助工法なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位-1.0m 低下範囲は、開削範囲直近に留まる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>駅南側で最大-2.0m 程度の地下水位低下範囲が生じる。</li> <li>駅南側の地下水位-1.0m 低下範囲は約 0.2km である。</li> <li>駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、地下水位-1.0m 低下範囲は開削範囲直近に留まる。</li> </ul>
補助工法あり ・地下水位低下工法		<ul style="list-style-type: none"> <li>駅南側で最大-2.0m 程度の地下水位低下範囲が生じる。</li> <li>駅南側の地下水位-1.0m 低下範囲は約 0.4km である。</li> <li>水源井 2 箇所に、-1.0m の地下水位低下範囲が及び可能性がある。</li> <li>駅北側でも WP（ウェルポイント）に伴う地下水位低下範囲が広がるが、駅躯体近傍では土留壁による地下水流動阻害による水位上昇と相殺する結果となった。</li> </ul>
補助工法あり +流動保全あり ・地下水位低下工法 ・地下水保全工法（リチャージ工法）		<ul style="list-style-type: none"> <li>駅南側で最大-2.0m 程度の地下水位低下範囲が生じる。</li> <li>駅南側の地下水位-1.0m 低下範囲は約 0.1km である。</li> <li>駅北側では地下水位-1.0m の低下は生じない。</li> </ul> <p>【リチャージ工法による効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>前項の WP（ウェルポイント）のみの結果と比較すると、RW（リチャージウェル）を実施することにより地下水低下域が減少した。 ※地下水位-1.0m 低下範囲 約 0.4km → 約 0.1km</li> </ul>

表 13-9 影響解析結果【施工後】

工法	南北駅配置	東西駅配置
流動保全なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>駅周辺で地下水位-1.0mの低下は生じない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側に最大+1.0m程度の地下水位上昇域、駅南側に最大-1.0m程度の地下水位低下域が生じる。</li> <li>地下水位-1.0m低下範囲は開削範囲直近に留まる。</li> </ul>
流動保全あり ・地下水保全工法 (流動保全工法)		<ul style="list-style-type: none"> <li>残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側に最大+1.0m程度の地下水位上昇域、駅南側に最大-1.0m程度の地下水位低下域が生じる。</li> <li>地下水位-1.0m低下範囲は開削範囲直近に留まる。</li> </ul> 【流動保全工法による効果】 <ul style="list-style-type: none"> <li>前項の補助工法無しの結果と比較すると、流動保全工法を実施することにより地下水低下域・上昇域が減少した。</li> <li>駅躯体上部に設置した通水盤により、地下水位最大低下量が0.2m程度抑えられる。</li> </ul>

e) まとめ

本感度解析により、施工中の補助工法として、開削範囲の内側で地下水位を低下させる方法や、これにリチャージ工法を併用することが、環境保全措置として有効であることが示唆された。また、施工後の流動保全工法も、環境保全措置として有効であることが示唆された。

但し、現時点では京都駅部の施工に関して不確定要素が多く、多くの前提条件の下で感度解析を行っており、例えば下記に示す留意点が挙げられる。したがって、今後の事業計画の深度化に伴い、適宜、解析モデルの精度向上を図り、そのうえで、環境保全措置として有効な施工方法について詳細な検討を行うことが望まれる。

<留意点>

- 駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること
- 可能な限りの調査結果の水理地質、地下水揚水を反映した浸透流解析モデルであること

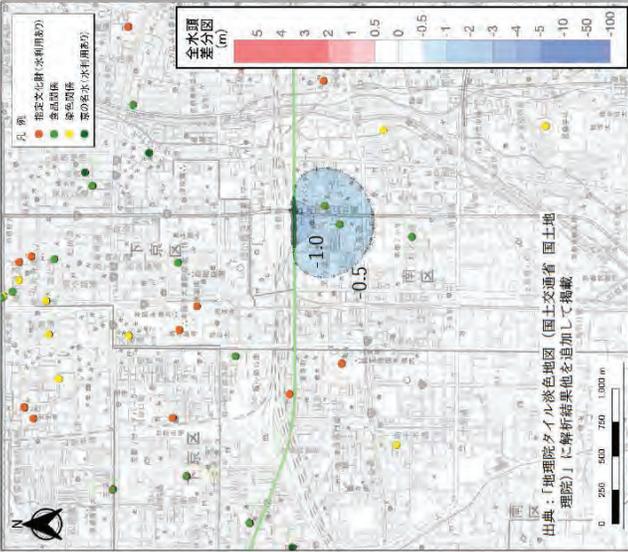
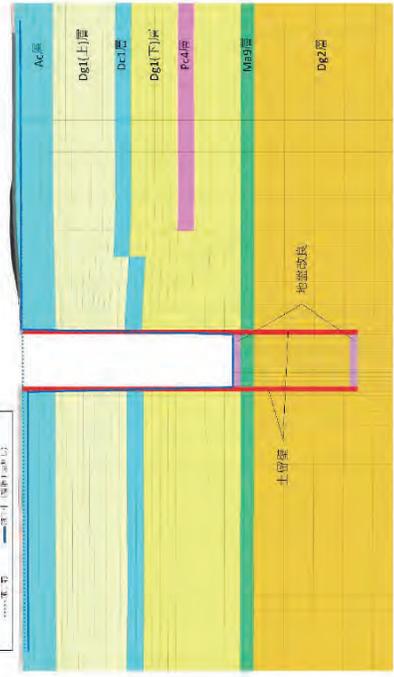
表 13-10 感度解析の影響解析結果【南北駅配置：施工中①】

施工中 補助工法：無し	
土留壁	相入れ深さ：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s
釜蓋排水	掘削底面に滲出する水は集水してくみ上げ排水
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-2}$ cm/s
駅躯体	無し
地下水位 低下工法	無し
地下水 保全工法	無し
平面図	<p>地下水位変化コンター図</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に一部加筆</p>
地下水位 断面図	<p>注1：「地下水位低下-1m」を影響解析評価の際のひとつの目安とする。 注2：図中の地下水位低下-0.5m 範囲は参考のために図示している。</p>

・ 地下水位-1.0m 低下範囲は、開削範囲直近に留まる。

注1：「地下水位低下-1m」を影響解析評価の際のひとつの目安とする。  
注2：図中の地下水位低下-0.5m 範囲は参考のために図示している。

表 13-11(1) 感度解析の影響解析結果【東西駅配置：施工中①】

施工中 補助工法：無し	
土留壁	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$
釜巻排水	掘削底面に湧出する水は集水してくみ上げ排水
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部2層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-6} \text{cm/s}$
駅躯体	無し
地下水位低下工法	無し
地下水保全工法	無し
平面図	 <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に一部加筆</p>
地下水位変化コンター図	 <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果などを追加して掲載</p>
地下水位断面図	

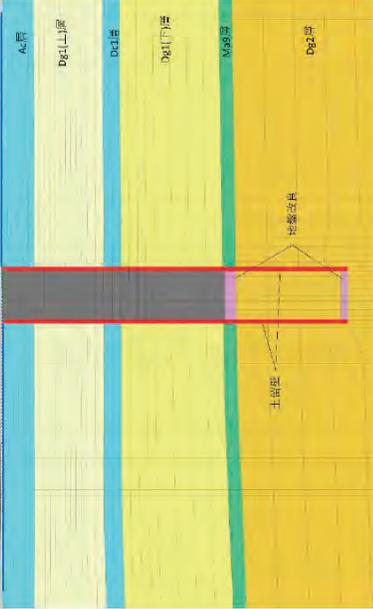
- ・ 駅南側で最大-2.0m程度の地下水位低下範囲が生じる。
- ・ 駅南側の地下水位-1.0m 低下範囲は約0.2kmである。
- ・ 駅北側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、地下水位-1.0m 低下範囲は開削範囲直近に留まる。

注1：「地下水位低下-1m」を影響解析評価の際のひとつの目安とする。  
注2：図中の地下水位低下-0.5m 範囲は参考のために図示している。





表 13-12 感度解析の影響解析結果【南北駅配置：施工後】

施工後 流動保全：無し	
土留壁	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s
釜置排水	無し
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部之層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-5}$ cm/s
駅躯体	有り
地下水位低下工法	無し
保全工法	無し
平面図	 <p>地下水位 変化コン ター図</p> <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に一部加筆</p>
地下水位断面図	 <p>東</p> <p>西</p> <p>出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」</p>
注	<p>注1：「地下水位低下-1m」を影響解析評価の際のひとつの目安とする。</p> <p>注2：図中の地下水位低下-0.5m範囲は参考のために図示している。</p>

・ 駅周辺で地下水位-1.0mの低下は生じない。

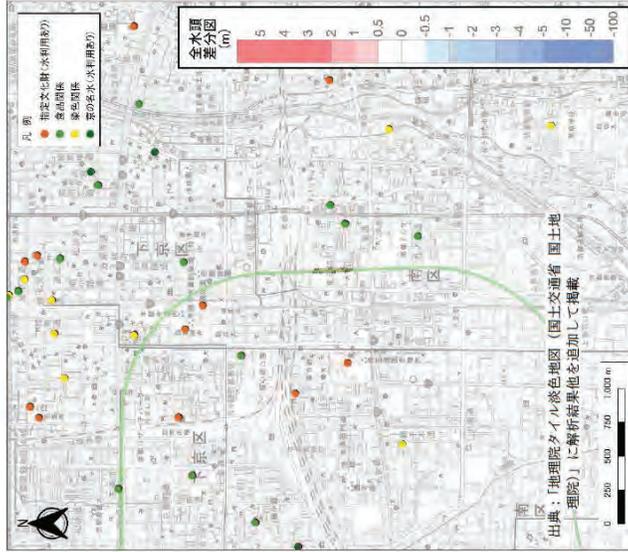




表 13-13(2) 感度解析の影響解析結果【東西駅配置：施工後②】

施工後 流動保全：流動保全工法	
土留壁	根入れ深度：FL以下約45m 透水係数： $1.0 \times 10^{-7}$ cm/s
釜蓋排水	無し
地盤改良	地盤改良範囲：掘削底面下部之層構造 各2m 地盤改良透水係数： $2.5 \times 10^{-6}$ cm/s
駅躯体	有り
地下水位低下工法	無し
地下水保全工法	駅躯体上部の土留壁に10m間隔で取水・湧水機能を付加 透水盤（透水性：砂礫相当）を1m設置
平面図	 <p>地下水位変化コンター図</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 地理院）」に一部加筆</p>
地下水位断面図	 <p>北</p> <p>南</p>

- 残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅北側に最大+1.0m程度の地下水位上昇域、駅南側に最大-1.0m程度の地下水位低下域が生じる。
- 地下水位-1.0m低下範囲は掘削範囲直近に留まる。

【流動保全工法による効果】

- 前項の補助工法無しの結果と比較すると、流動保全工法を実施することにより地下水低下域・上昇域が減少した。
- 駅躯体上部に設置した透水盤により、地下水位最大低下量が0.2m程度抑えられる。

注1：「地下水位低下-1m」を影響解析評価の懸のひとつの目安とする。  
注2：図中の地下水位低下-0.5m範囲は参考のために図示している。

## 14. 京都駅（梅小路公園案）における影響解析の予備的検討

### (1) 影響解析対象ルート概要

本編で記載した4ルートに加え、地下水に関する影響の傾向を把握するために、ルート④の線形を基本に駅を北西-南東方向に設置するルート⑤（図14-1及び図14-2参照）を設定した。ルート設定については表14-1に示す考え方のうち赤枠部分に該当する。

NATM及びシールドトンネルの解析上のトンネルの高さ・幅、NATMトンネルとシールドトンネルの接合部等に設置される立坑の長さ・幅、駅部のF.L.と開削深度及び土留壁の根入れ深さについては、本編と同様に図14-3～図14-5のとおり設定した。

土留壁の間の掘削底面の地盤改良範囲の透水係数は、本編と同様にMa層の透水係数及びセメント系固化材による地盤改良マニュアル（図14-6参照）を参考に、Ma層と同じ $2.5 \times 10^{-5}$  cm/sに設定した。

表 14-1 解析ルートの設定

区 間	解析ルート	西側ルート	東側ルート
京都北部 ～ 京都駅	現地状況	・山地～丘陵地～低地部	
	構造・施工	・NATMトンネル ～シールドトンネル	

区 間	解析駅 設置方向	東西方向	南北方向	北西-南東方向
京都駅	構造・施工	・京都駅は地下駅 ・開削工法を想定		

区 間	解析ルート	西側ルート	中央ルート	東側ルート
京都駅 ～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	現地状況	・低地部 ・桂川(2回交差)、 宇治川(1回交差) ・伏見酒造エリア を 西側で平面回避	・低地部 ・伏見酒造エリア に 最も近接	・山地～丘陵地 ～低地部 ・伏見酒造エリア を東側で平面回 避
	構造・施工	・シールドトンネル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネル(市街地・山科益 地) ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅

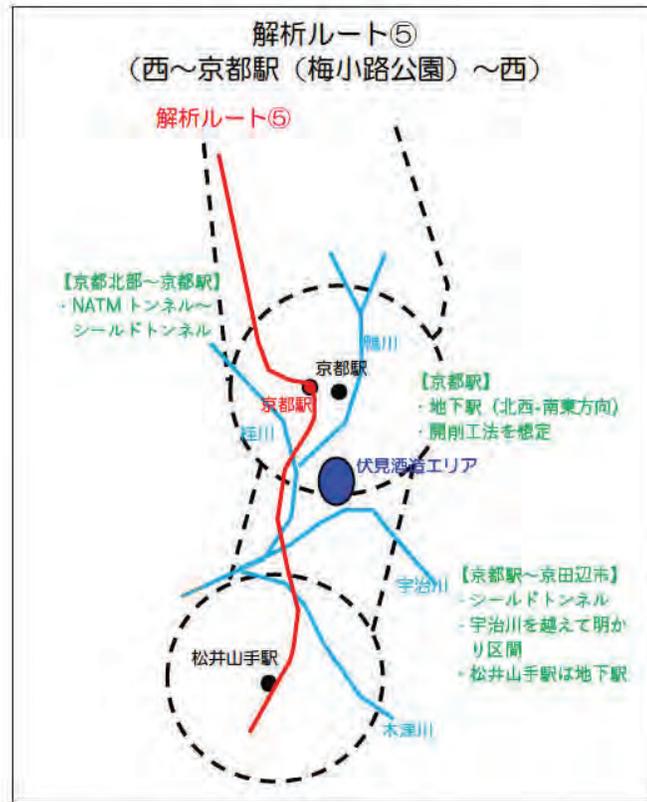
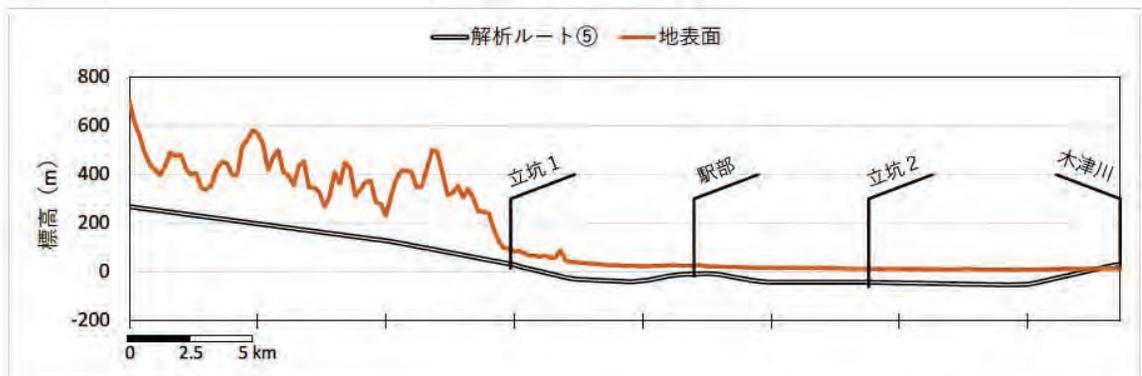


図 14-1 影響解析で対象とするルート⑤



※松井山手駅は地下駅

図 14-2 解析範囲におけるルート⑤の縦断線形



(2) 影響解析結果

水循環解析モデルによるルート⑤の影響解析結果を表 14-4(1)～表 14-4(3)に、一覧を表 14-2 に示す。

表 14-2 影響解析結果一覧

区 間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	・施工中・後ともに、NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が $-0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度の区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。
京都駅	・施工中は駅南西側で最大 $-2.0\text{m}$ の地下水位低下域が生じ、施工後は駅南西側で最大 $-1.0\text{m}$ の地下水位低下域が生じる。
京都駅～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	・施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。

(3) 解析結果に対する留意点

広域解析の水循環解析モデルによる影響解析結果は、地下鉄東西線の工事影響実績や地下構造物の配置と地下水流動阻害に関する工学的検討事例<sup>※1,2</sup>から、北陸新幹線の施工に伴う地下水位上昇・低下の傾向を概ね適切に予測できたと言える。

しかし、駅部の工事影響解析結果については、以下の点に留意が必要である。

- 駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること（施工方法に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がる点（モデル特性に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲が小さい点（モデル特性に関する課題）

以上を踏まえ、今後の工事計画段階においては、下表に示すような地下水流動保全工法も含め、より正確な工事影響の予測を行うことが望まれる。

表 14-3 地下水流動保全工法の例

工法名	概要
リチャージ工法	排水工法により揚水した地下水をリチャージウェルより帯水層へ注入する工法
通水盤（管）工法	土留壁上下流の帯水層を通水盤（管）で繋ぎ、下流側の地下水低下を抑制する工法

※1：地下構造物の地下水流動阻害要因について（古本一司・三木博史、2002、基礎工 Vol.30 No.42）

※2：掘削構造物周辺の地下水流動保全に関する研究（大東憲二・植下協・市川悦男、1996、土木学会論文集 No.535 III-34）

表 14-4(1) 影響解析結果 (解析ルート⑤：西～京都駅 (梅小路公園)～西)

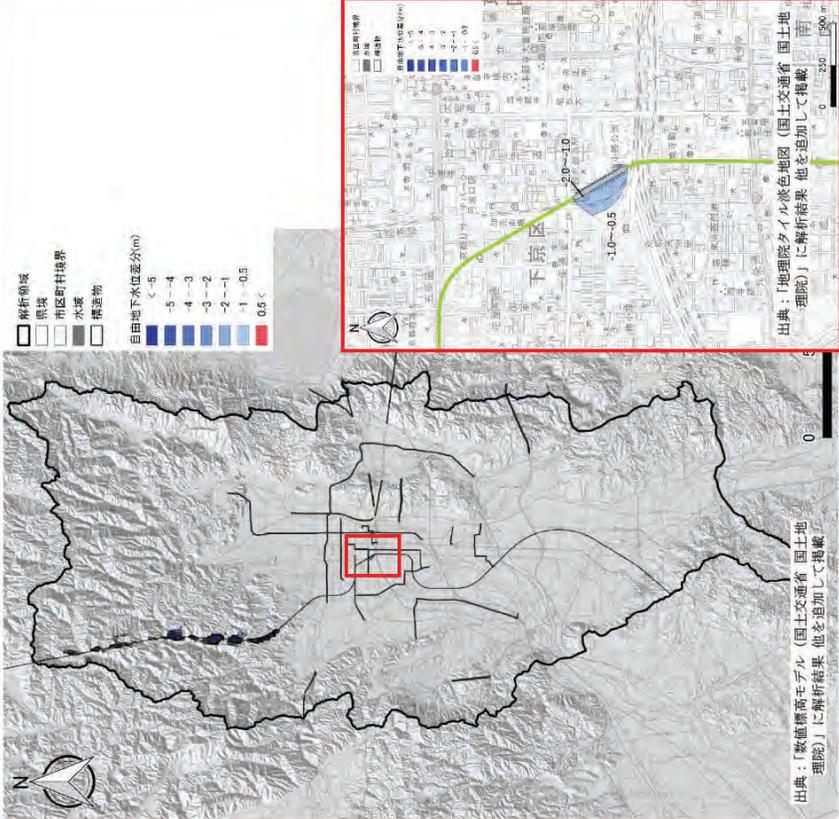
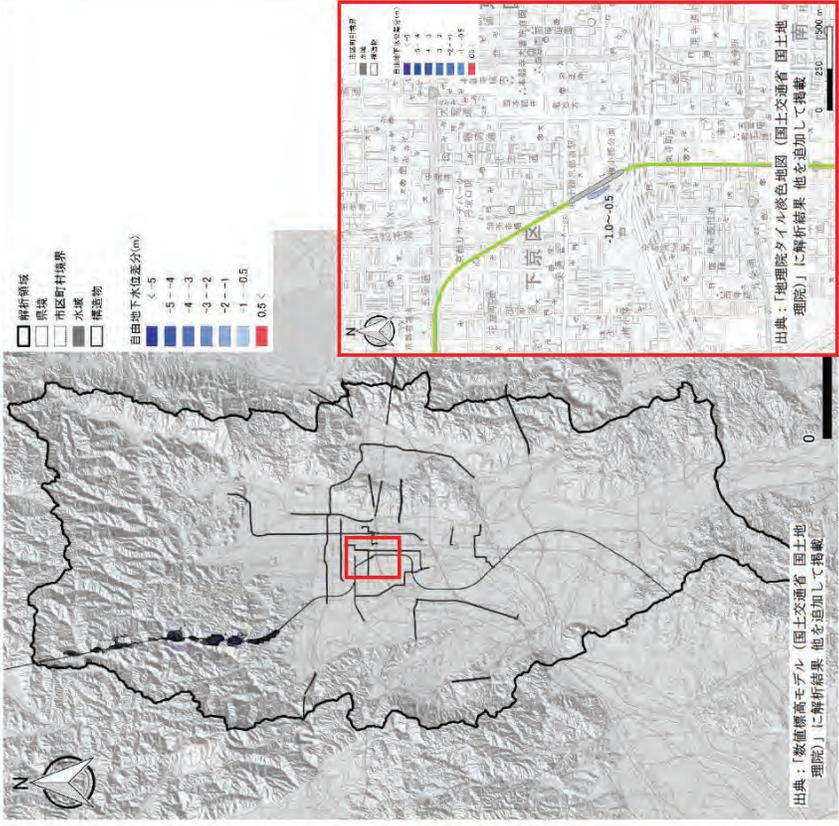
予測対象 予測時期	地下水位	施工後
<p>解析結果</p>	<p><b>施工中</b></p>  <p>自由地下水水位差分(m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;math&gt;&lt; -5&lt;/math&gt;</li> <li>-5 ~ -4</li> <li>-4 ~ -3</li> <li>-3 ~ -2</li> <li>-2 ~ -1</li> <li>-1 ~ -0.5</li> <li>0.5 &lt;</li> </ul> <p>出典：「数値解析高モデル (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p><b>施工後</b></p>  <p>自由地下水水位差分(m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;math&gt;&lt; -5&lt;/math&gt;</li> <li>-5 ~ -4</li> <li>-4 ~ -3</li> <li>-3 ~ -2</li> <li>-2 ~ -1</li> <li>-1 ~ -0.5</li> <li>0.5 &lt;</li> </ul> <p>出典：「数値解析高モデル (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載</p>
<p>解析結果</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部 (開削) 区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大38.7m) 低下するところもある。 駅北東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。 駅南西側でも最大-2.0mの地下水位低下域が生じる。 影響なし。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部 (開削) 区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間 (西側) のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上 (最大38.7m) 低下するところもある。 残置する土留壁とその間の駅躯体及び施工中の地盤改良部が地下水流動を阻害し、駅南西に最大-1.0mの地下水位低下域が生じる。 影響なし。</p>

表 14-4(2) 影響解析結果 (解析ルート⑤：西～京都駅 (梅小路公園)～西)

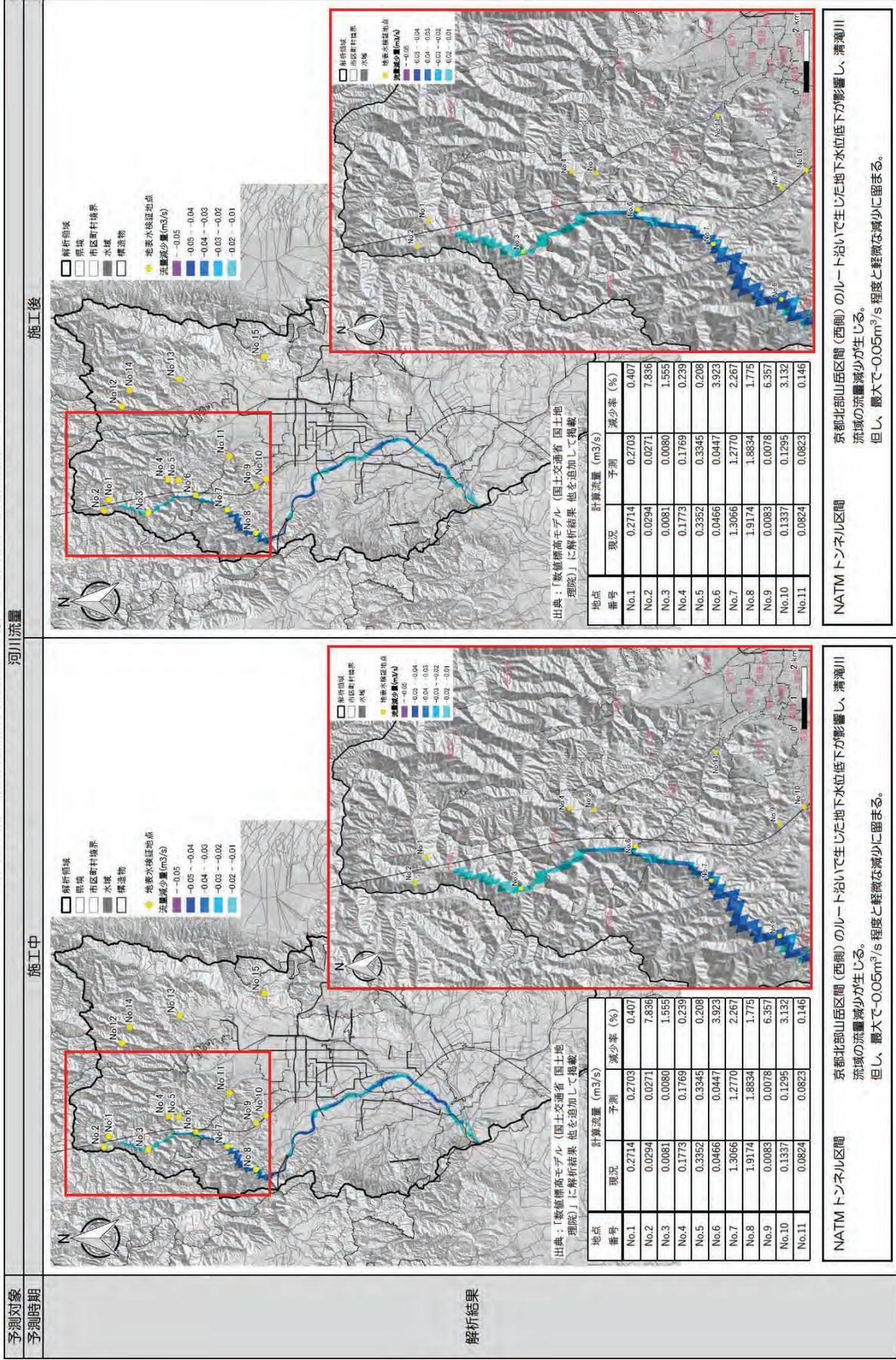
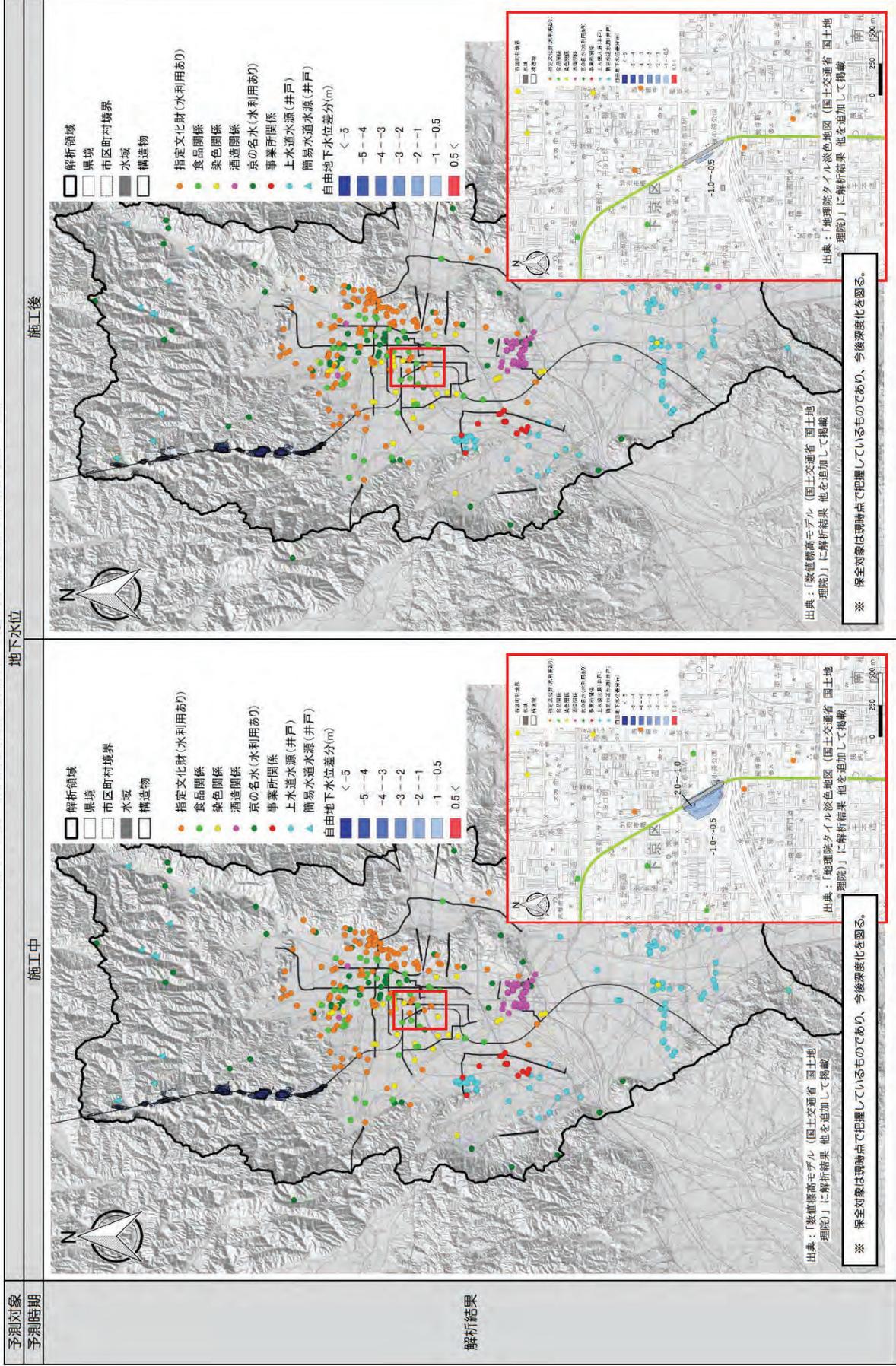


表 14-4(3) 影響解析結果 (解析ルート⑤：西～京都駅 (梅小路公園)～西)



15. 地下鉄東西線建設工事（御陵駅～二条駅間）における工区別補償対象井戸数

表 15-1 地下鉄東西線建設工事（御陵駅～二条駅間）における工区別補償対象井戸数について

工区名	駅・駅間	工法	補償井戸数 (件)
東山トンネル	御陵駅～蹴上駅	山岳工法	3
蹴上駅	蹴上駅	開削工法	0
神宮道	蹴上駅～東山駅	シールド工法	0
東山駅	東山駅	開削工法	11
東大路	東山駅～三条京阪駅	シールド工法	41
三条京阪駅	三条京阪駅	開削工法	50
鴨川横断	三条京阪駅 ～京都市役所前駅	シールド工法	39
市役所前駅	京都市役所前駅	開削工法	45
堺町	京都市役所前駅 ～烏丸御池駅	開削工法	20
御池駅	烏丸御池駅	開削工法	3
西洞院	烏丸御池駅～二条城前駅	シールド工法	21
堀川駅	二条城前駅	開削工法	30
押小路	二条城前駅～二条駅	開削工法	23
二条駅	二条駅	開削工法	4

※京都市交通局提供資料を基に機構で作成

## Ⅱ：ルート検討結果を用いた三次元水循環影響解析

### 1. 経緯と進め方

「I：三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討」（以降、I章という）では、再現解析等によるモデル構築と構築されたモデルを用いて解析結果を確認するためのいくつかのケースを設定して解析を実施した。令和5年度に北陸新幹線事業推進調査において京都駅付近の概略設計を実施し、その成果を踏まえて令和6年8月に京都駅（南北案）、京都駅（東西案）、京都駅（桂川案）の3案について公表したところである。本編では、左記3案のうち南北案、桂川案それぞれについて、過年度までに妥当性を確認していた三次元水循環解析モデルを用いて予備的検討を行い、その解析条件・解析結果についてご議論いただくことで、より具体的な条件で地下構造物施工等に伴う地下水等への影響を予測した。

なお、東西案については、令和5年度概略設計の成果とI章それぞれの駅構造物を地質モデルに重ねると、いずれも難透水層（Ma9層）の下に位置する帯水層（Dg2層）まで構造物を設置する点に変更がない（参考資料1参照）ことから、I章の解析ルート①（西～京都駅（八条通）～東）における解析結果を適用することとする。

また、京都北部山岳区間については、東西案、南北案、桂川案の3案ともI章での検討ルートを採用していることから、I章の西側ルートにおける解析結果を適用することとする。

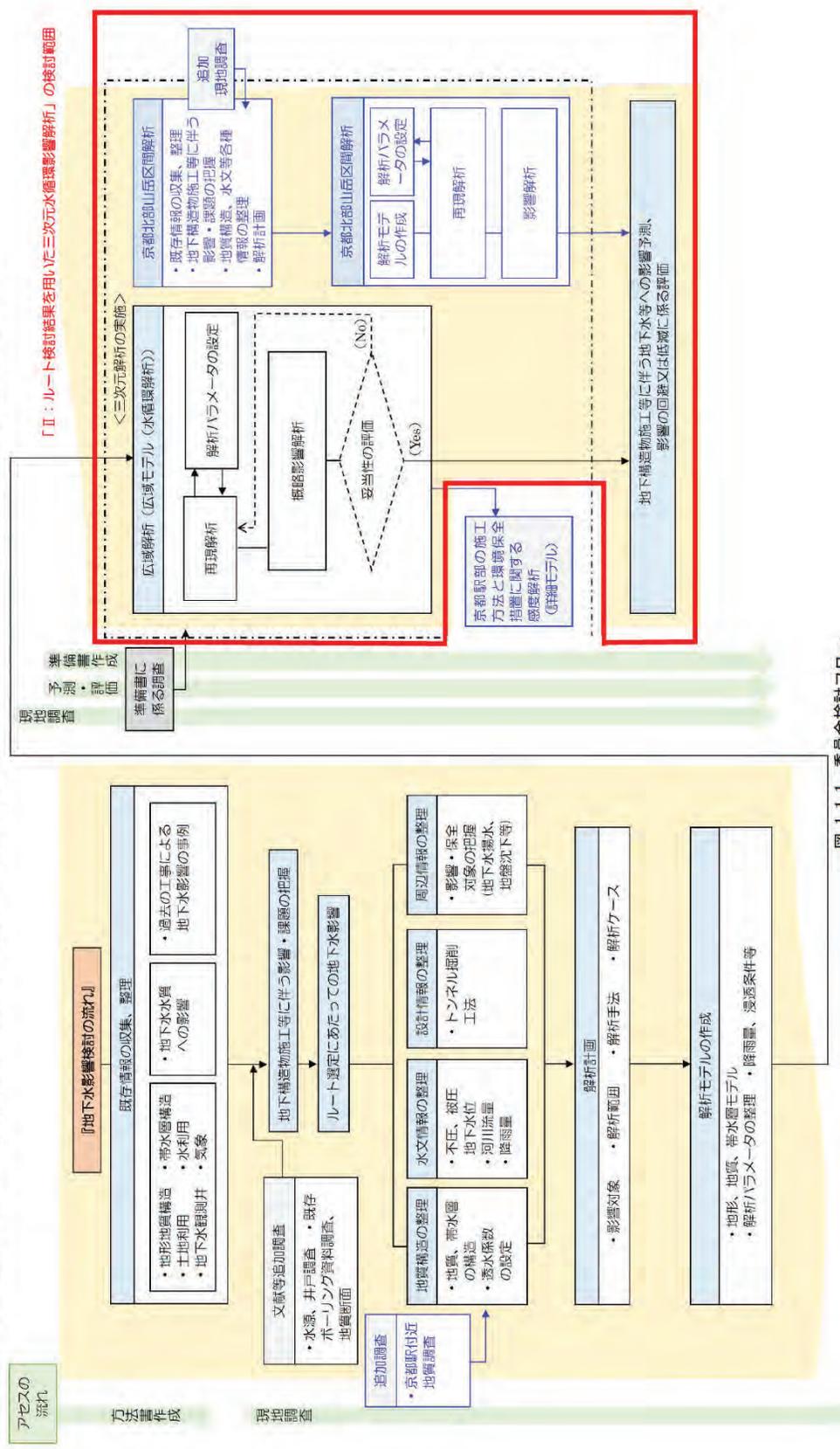


図 1.1.1 委員会検討フロー

- ・本編では京都駅（南北案）（＝解析ルート⑥（西洞院通（浅）案）及び京都駅（桂川案）（＝解析ルート⑦）の検討結果について述べる
- ・京都駅（東西案）については、I章の解析ルート①（西～京都駅（八条通）～東）における解析結果を適用することとする
- ・京都北部山岳区間については、I章の西側ルートにおける解析結果を適用することとする

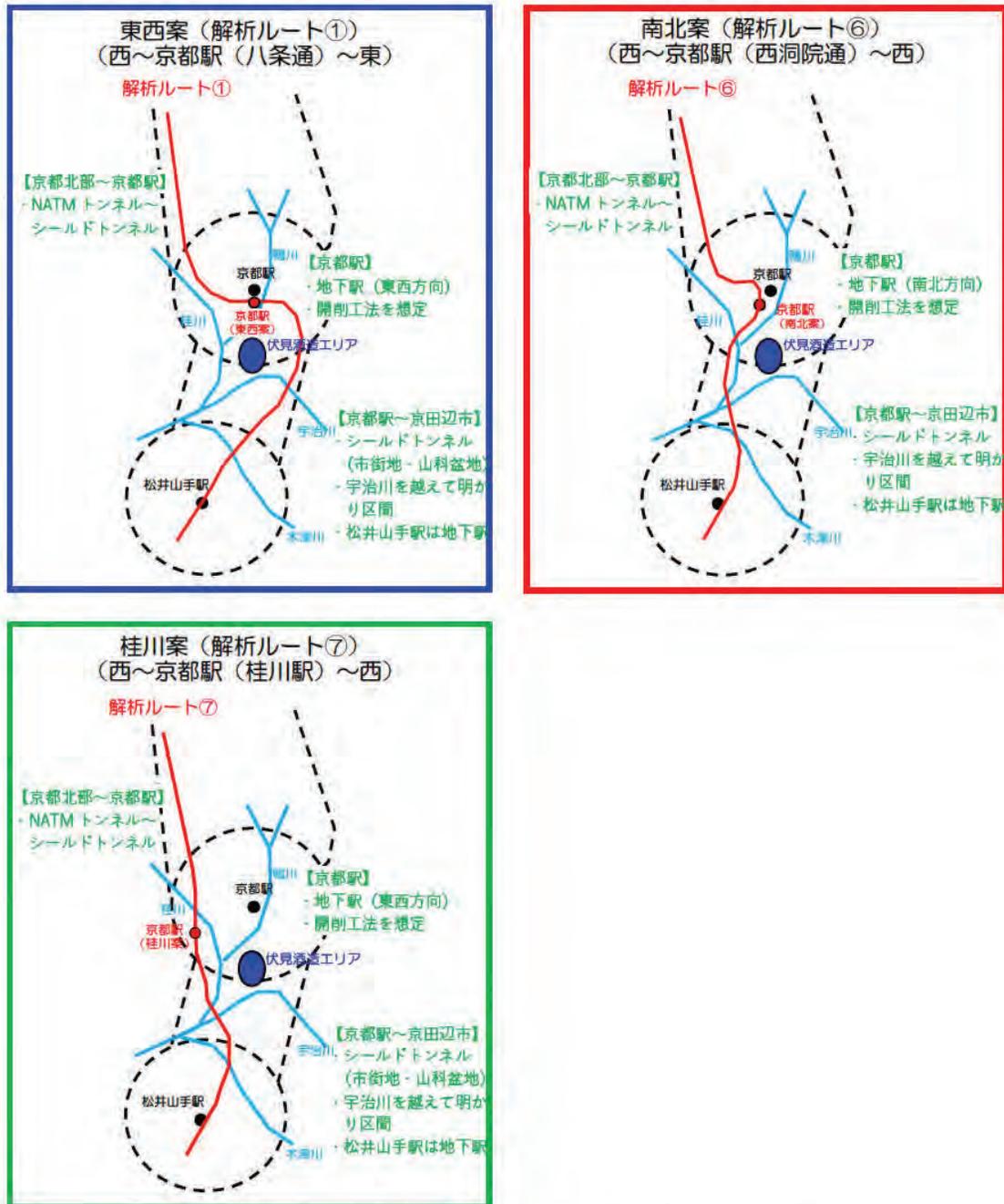


図 1.1.2 東西案、南北案、桂川案の3案に対応する解析ルート

## 2. 水文・水環境への影響予測

### 2.1. 解析の方針

#### 2.1.1. 解析手法・解析範囲

検討が進められている南北案について、計画路線及び地下構造物を反映した水循環解析を実施するため、「I 三次元水循環モデルの構築と予備的検討」で構築した広域モデル（以降、既往広域モデルという）を活用し、過年度に検討した解析ルート④と解析ルート⑥（西洞院通（浅）案）との比較検証を実施した。また、解析ルート⑦（桂川案）については、既往広域モデルを基本としつつも、桂川案のルートに合わせてメッシュ分割を変更しモデルを再構築した。（ルート⑦：モデル節点数 2,082,267）

図 2.1.1 に示す解析範囲及びその他の解析設定（境界条件、解析条件（気象条件、土地利用条件、地下水揚水条件、既存地下構造物等）、三次元地質モデル（帯水層の三次元構造、水理定数）については、既往広域モデルと同じとした。

#### 2.1.2. 再現解析（モデル検証：桂川案）

既往広域モデルに解析ルートのメッシュ分割を反映したルート⑦については再現解析を実施した。現況の再現解析は、以下に示す要領で行った。

##### ①解析期間設定

- ・ 平水年（2012 年）気象条件下での定常計算（気象条件などの外力が一定の下での計算）とする。

##### ②再現性の検証方法

- ・ 既設の地下水観測井における過去 10 年程度の平均地下水位と計算地下水位を比較・検証する。
- ・ 2018 年 2 月（京都市中心部）の不圧地下水位コンターと計算不圧地下水位コンターを比較・検証する。
- ・ 既設トンネル（稲荷山トンネル）のトンネル湧水量の実績値と計算値を定量的に比較・検証する。
- ・ 一般的な降水量の水収支と解析範囲全域の水収支を定量的に比較・検証する。

#### 2.1.3. 影響解析

I 章同様、地下構造物施工等に伴う地下水等への影響解析は、施工中・後の地下水・表流水への影響について各々実施するものとし、以下に示す要領で行った。（「I 三次元水循環モデルの構築と予備的検討」2.2.1 と同じ要領）

##### ①解析期間設定

- ・ 平水年気象条件下での定常計算とする。

##### ②影響予測の方法

- ・ 施工中・後、及び工法ごとに、地下水・表流水への影響が最も大きくなる条件下で影響予測を行う。
- ・ 施工中・後、及び工法ごとに想定される地下水・表流水への影響と解析上の取り扱い（条件設定方法）は既往広域モデルに従う。

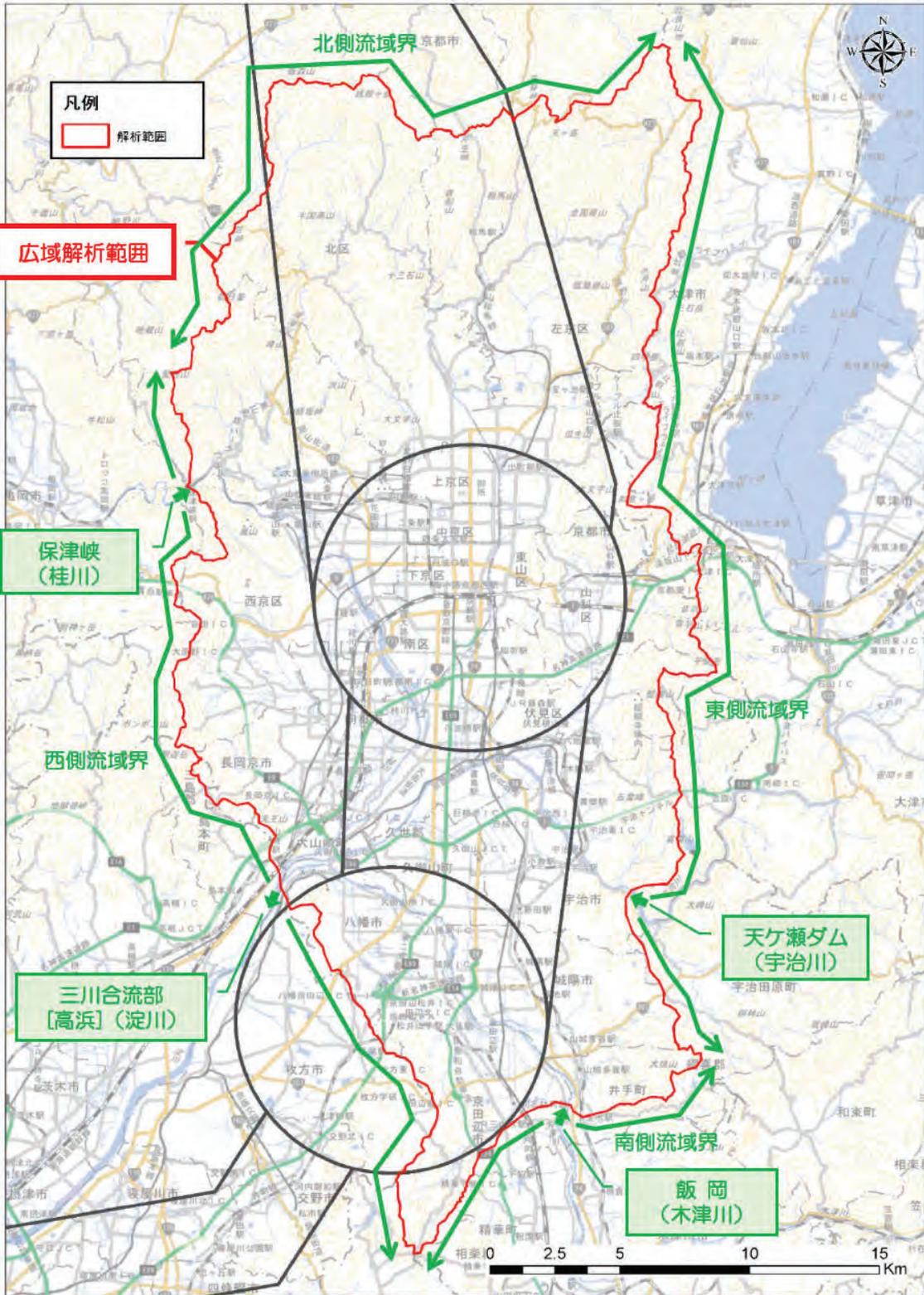


図 2.1.1 京都市及びその周辺域を対象とした解析範囲図

出典：「地理院タイル淡色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析範囲 他を追加して掲載

## 2.2. 京都駅（南北案）における影響解析

### 2.2.1. 影響解析対象ルート概要

京都駅を南北方向に設置する案（京都駅（西洞院通案））における駅躯体の深浅による地下水への影響の違いを検討するため、本編で記載したルート④の比較対象として、ルート⑥（図 2.2.1 及び図 2.2.2 参照）を設定した。設定については表 2.2.1 に示す考え方のうち赤枠部分に該当する。なお、このルート⑥は、京都駅躯体の深浅のみならず、北部の山地から京田辺市（松井山手駅）附近までの平面及び縦断線形はルート④とやや異なる。

NATM 及びシールドトンネルの解析上のトンネルの高さ・幅、NATM トンネルとシールドトンネルの接合部等に設置される立坑の長さ・幅、駅部の F.L. と開削深度及び土留壁の根入れ深さについては、図 2.2.3～図 2.2.5 のとおり設定した。

土留壁の間の掘削底面の地盤改良範囲の透水係数は、I 章と同様に MA 層の透水係数及びセメント系固化材による地盤改良マニュアル（図 2.2.6 参照）を参考に、Ma 層と同じ  $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  に設定した。

表 2.2.1 解析ルートの設定

区 間	解析ルート	西側ルート	東側ルート
京都北部 ～ 京都駅	現地状況	・山地～丘陵地～低地部	
	構造・施工	・NATM トンネル ～シールドトンネル	

区 間	解析駅 設置方向	JR 京都駅周辺			JR 桂川駅周辺
		東西方向	南北方向	北西 -南東方向	南北方向
京都駅	構造・施工	・京都駅は地下駅 ・開削工法を想定			

区 間	解析ルート	西側ルート	中央ルート	東側ルート
京都駅 ～ 京田辺市 (松井山手駅) 附近	現地状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低地部</li> <li>・桂川(2回交差)、宇治川(1回交差)</li> <li>・伏見酒造エリアを西側で平面回避</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低地部</li> <li>・伏見酒造エリアに最も近接</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・山地～丘陵地～低地部</li> <li>・伏見酒造エリアを東側で平面回避</li> </ul>
	構造・施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シールドトンネル</li> <li>・宇治川を越えて明かり区間</li> <li>・松井山手駅は地下駅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シールドトンネル</li> <li>・宇治川を越えて明かり区間</li> <li>・松井山手駅は地下駅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シールドトンネル(市街地・山科盆地)</li> <li>・宇治川を越えて明かり区間</li> <li>・松井山手駅は地下駅</li> </ul>

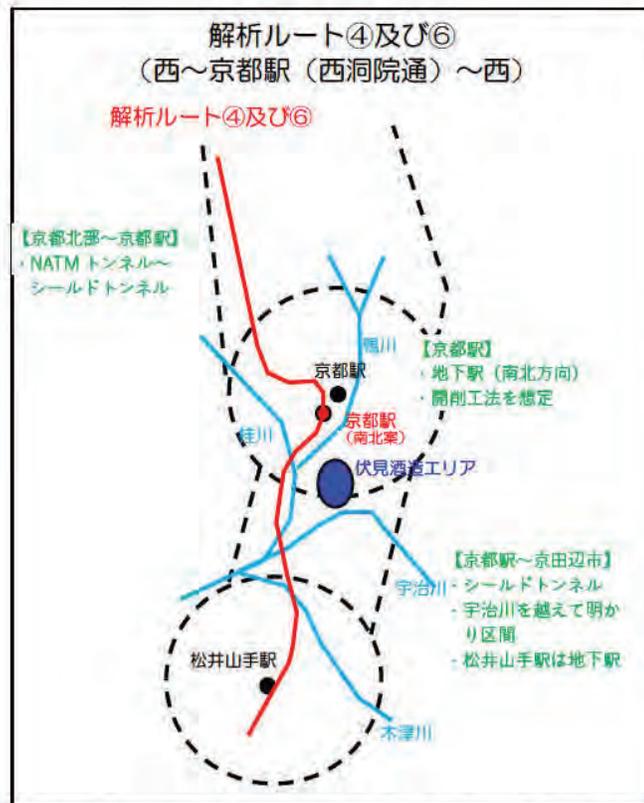
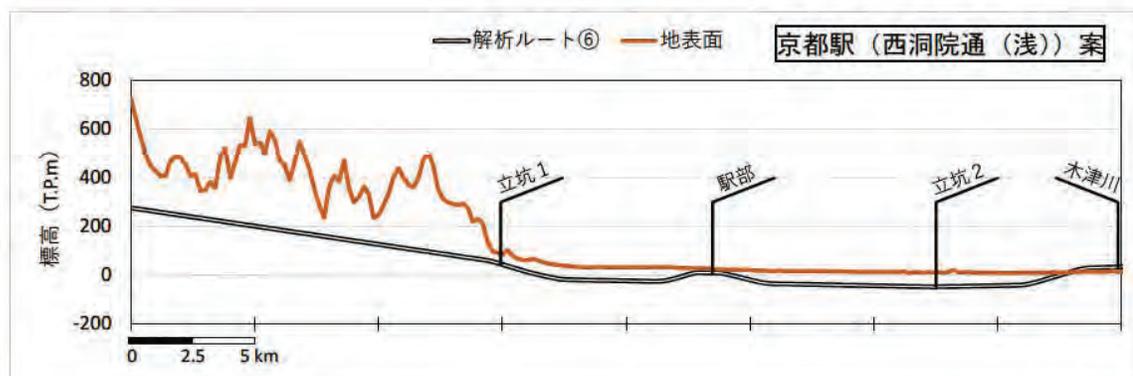
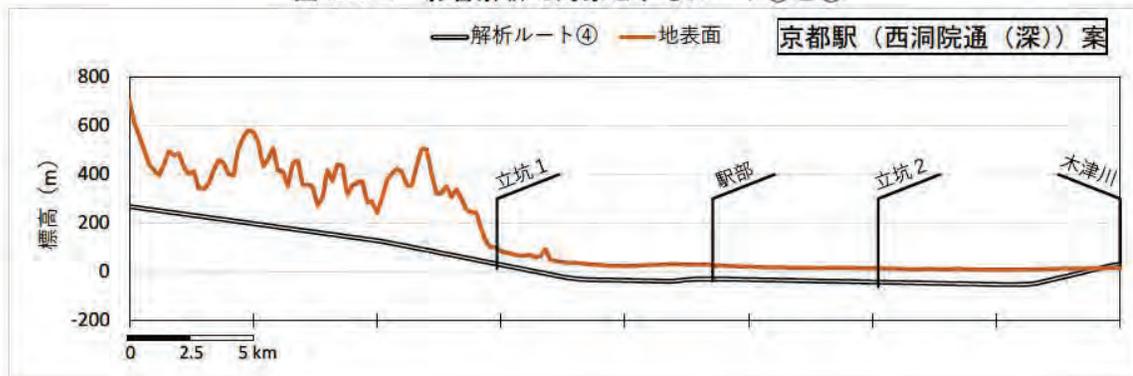


図 2.2.1 影響解析で対象とするルート④と⑥



※松井山手駅は地下駅

図 2.2.2 解析範囲におけるルート④と⑥の縦断線形

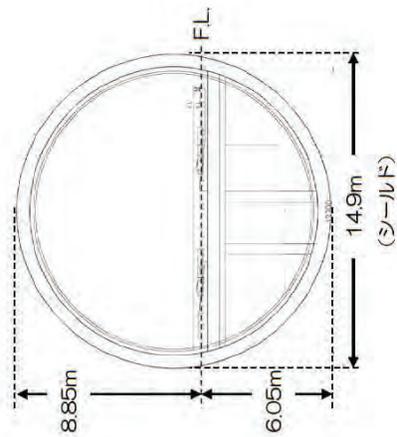
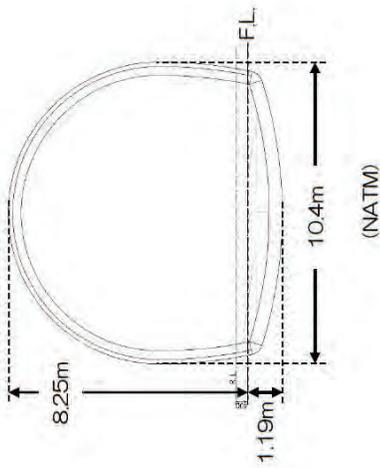


図 2.2.3 トンネル標準断面

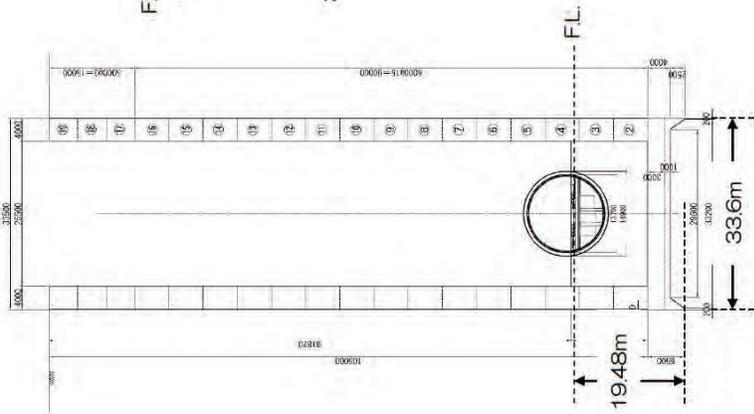


図 2.2.4 立坑の構造

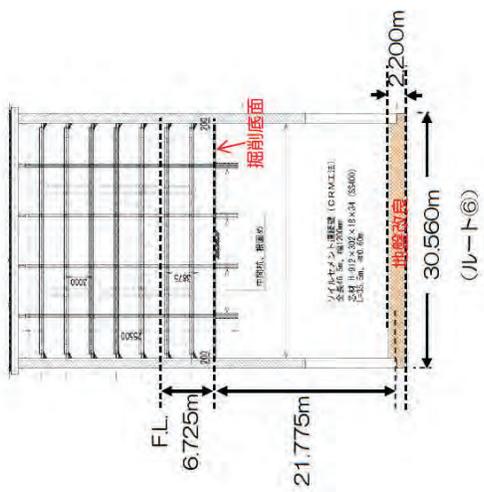
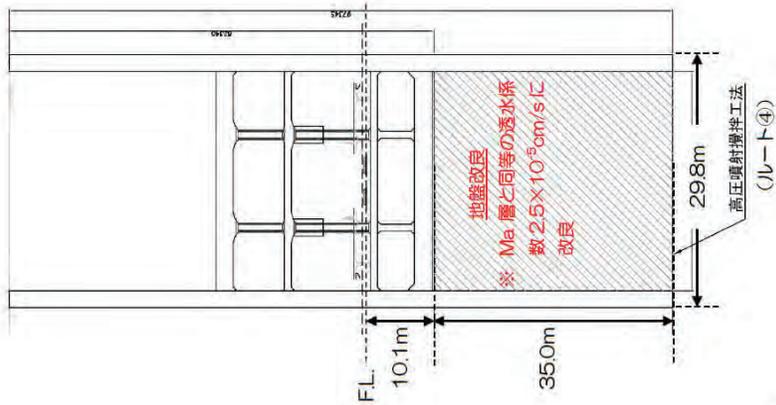


図 2.2.5 駅部の構造

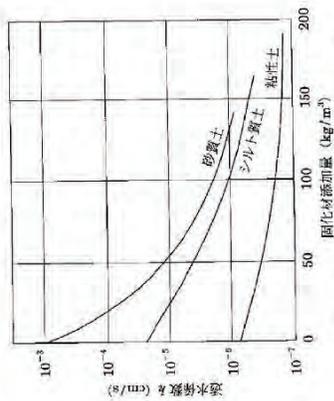


図 2.2.6 固化材添加量と透水係数

出典：「セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版  
 (社団法人セメント協会、2003)」

## 2.2.2. 影響解析結果

水循環解析モデルによるルート⑥の影響解析結果を表 2.2.4 及び表 2.2.5 に、一覧を表 2.2.2 に示す。

表 2.2.2 影響解析結果一覧

区 間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	・施工中・後ともに、NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が $-0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度の区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。
京都駅	・施工中は最大 $-1.0\text{m}$ の地下水位低下域が生じ、施工後は駅近傍でも地下水位低下・上昇は軽微に留まる。
京都駅～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	・施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。

## 2.2.3. 解析結果に対する留意点

広域解析の水循環解析モデルによる影響解析結果は、地下構造物の配置と地下水流動阻害に関する工学的検討事例<sup>※1,2</sup>から、北陸新幹線の施工に伴う地下水位上昇・低下の傾向を概ね適切に予測できたと言える。

しかし、駅部の工事影響解析結果については、以下の点に留意が必要である。

- 駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること（施工方法に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がる点（モデル特性に関する課題）
- 地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲が小さい点（モデル特性に関する課題）

以上を踏まえ、今後の工事計画段階においては、下表に示すような地下水流動保全工法も含め、より正確な工事影響の予測を行うことが望まれる。

表 2.2.3 地下水流動保全工法の例

工法名	概要
リチャージ工法	排水工法により揚水した地下水をリチャージウェルより帯水層へ注入する工法
通水盤（管）工法	土留壁上下流の帯水層を通水盤（管）で繋ぎ、下流側の地下水位低下を抑制する工法

※1：地下構造物の地下水流動阻害要因について（古本一司・三木博史、2002、基礎工 Vol.30 No.42）

※2：掘削構造物周辺の地下水流動保全に関する研究（大東憲二・植下協・市川悦男、1996、土木学会論文集 No.535 III-34）

表 2.2.4 (1) 施工中の影響解析結果（京都駅（西河院通）の深淺比較）

予測対象 解析ケース	地下水位	
	京都駅（西河院通（深））／解析ルート④	京都駅（西河院通（浅））／解析ルート⑥
解析結果	<p>出典：数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>
	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大38.7m）低下するところもある。 駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁による地下水流動阻害が相殺し、駅近傍に最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大41.8m）低下するところもある。 駅東側では開削に伴う地下水位低下と土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良による地下水流動阻害が相殺し、駅近傍に最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。駅西側では開削に伴う地下水水位低下と地下水流動阻害が相まって、最大-1.0mに及ぶ地下水位低下が生じる。</p>

表 2.2.4 (2) 施工中の影響解析結果（京都駅（西洞院通）の深淺比較）

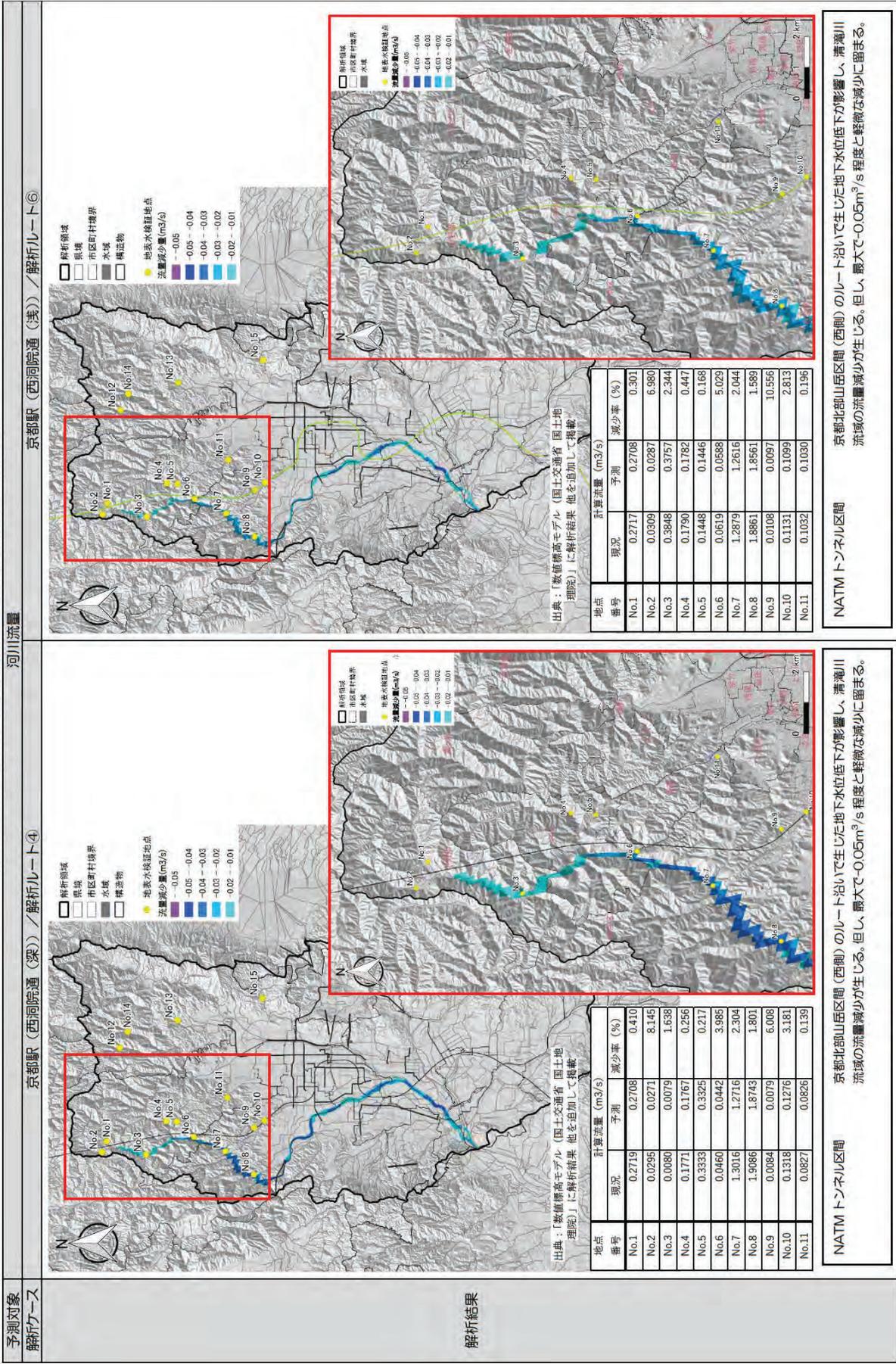


表 2.2.4 (3) 施工中の影響解析結果（京都駅（西河院通）の深淺比較）

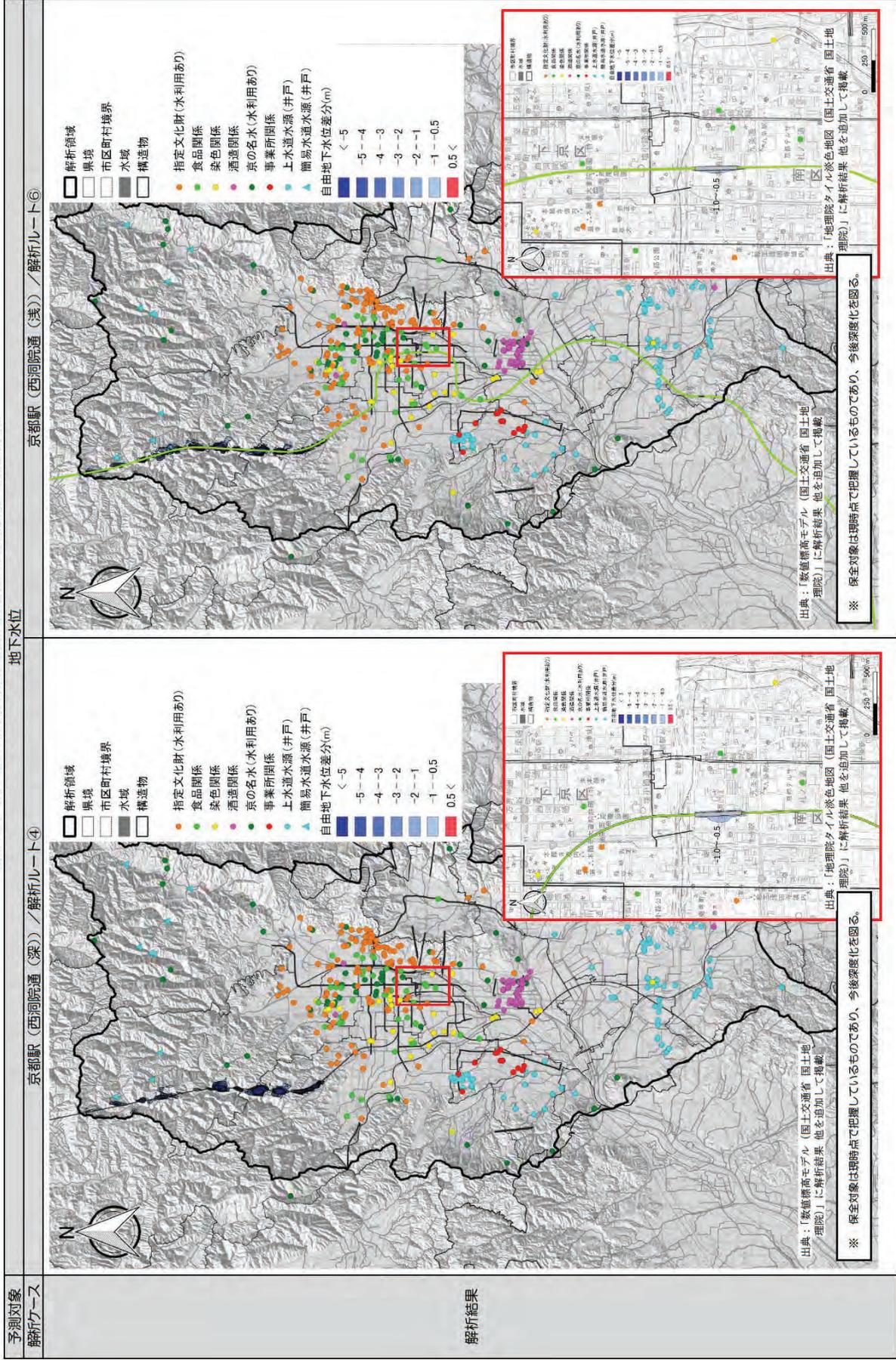


表 2.2.5 (1) 施工後の影響解析結果（京都駅（西河院通）の深淺比較）

予測対象 解析ケース	京都駅（西河院通（深））／解析ルート④	京都駅（西河院通（浅））／解析ルート⑥
解析結果	<p>自由地下水水位差分(m)          &lt; -5          -5 - 4          -4 - 3          -3 - 2          -2 - 1          -1 - 0.5          0.5 &lt;</p> <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p>自由地下水水位差分(m)          &lt; -5          -5 - 4          -4 - 3          -3 - 2          -2 - 1          -1 - 0.5          0.5 &lt;</p> <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>
	<p>シールド区間 NATM トンネル区間</p> <p>駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大38.7m）低下することもある。 残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害するが、地下水位上昇・低下域は最大±0.5m 未満と極めて軽微である。 影響なし。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間</p> <p>駅部（開削）区間 立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大41.8m）低下することもある。 残置する土留壁とその間の駅躯体及び地盤改良部が地下水流動を阻害するが、地下水位上昇・低下域は最大±0.5m 未満と極めて軽微である。 影響なし。</p>

表 2.2.5 (2) 施工後の影響解析結果 (京都駅 (西河院通) の深淺比較)

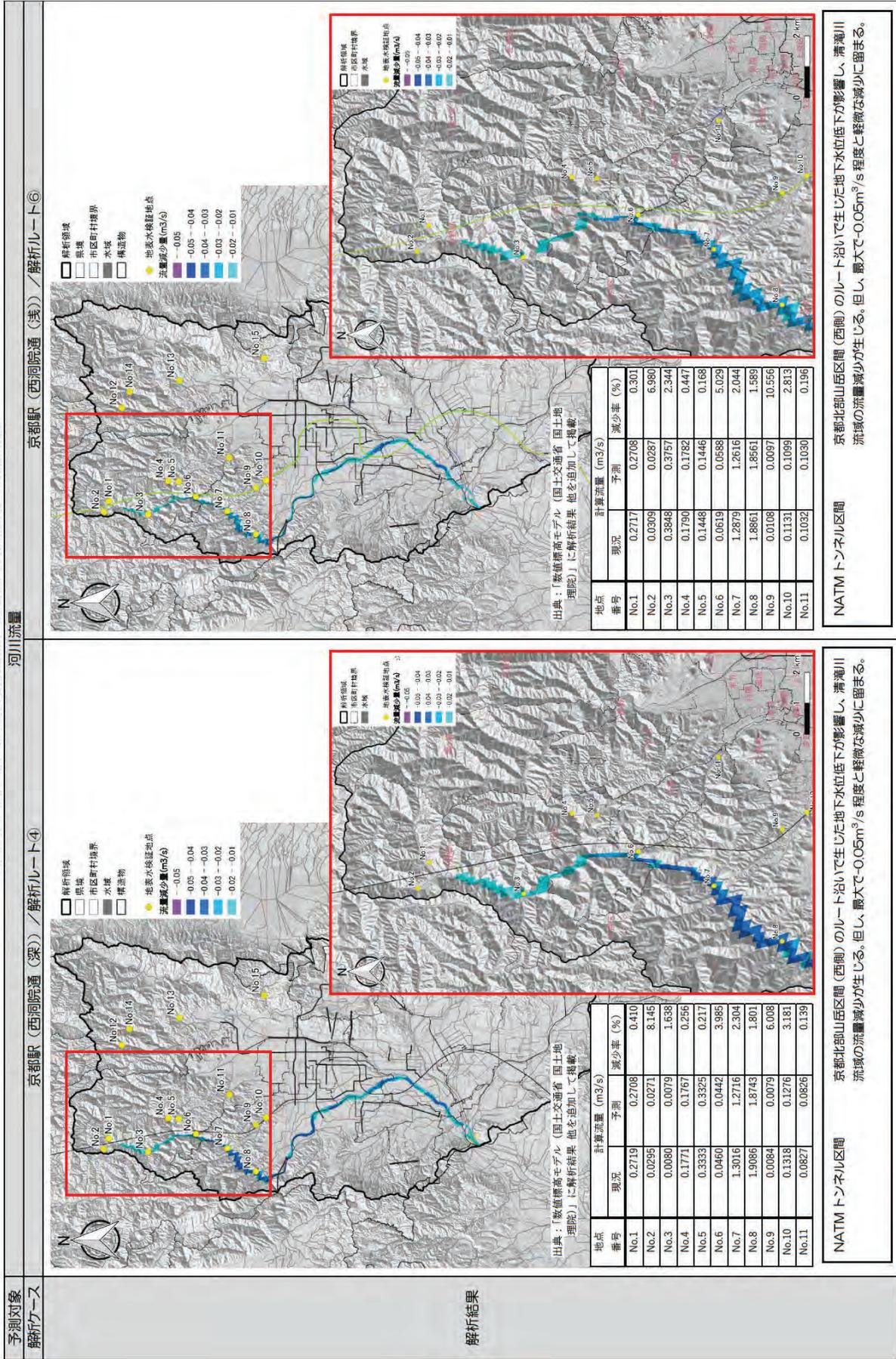
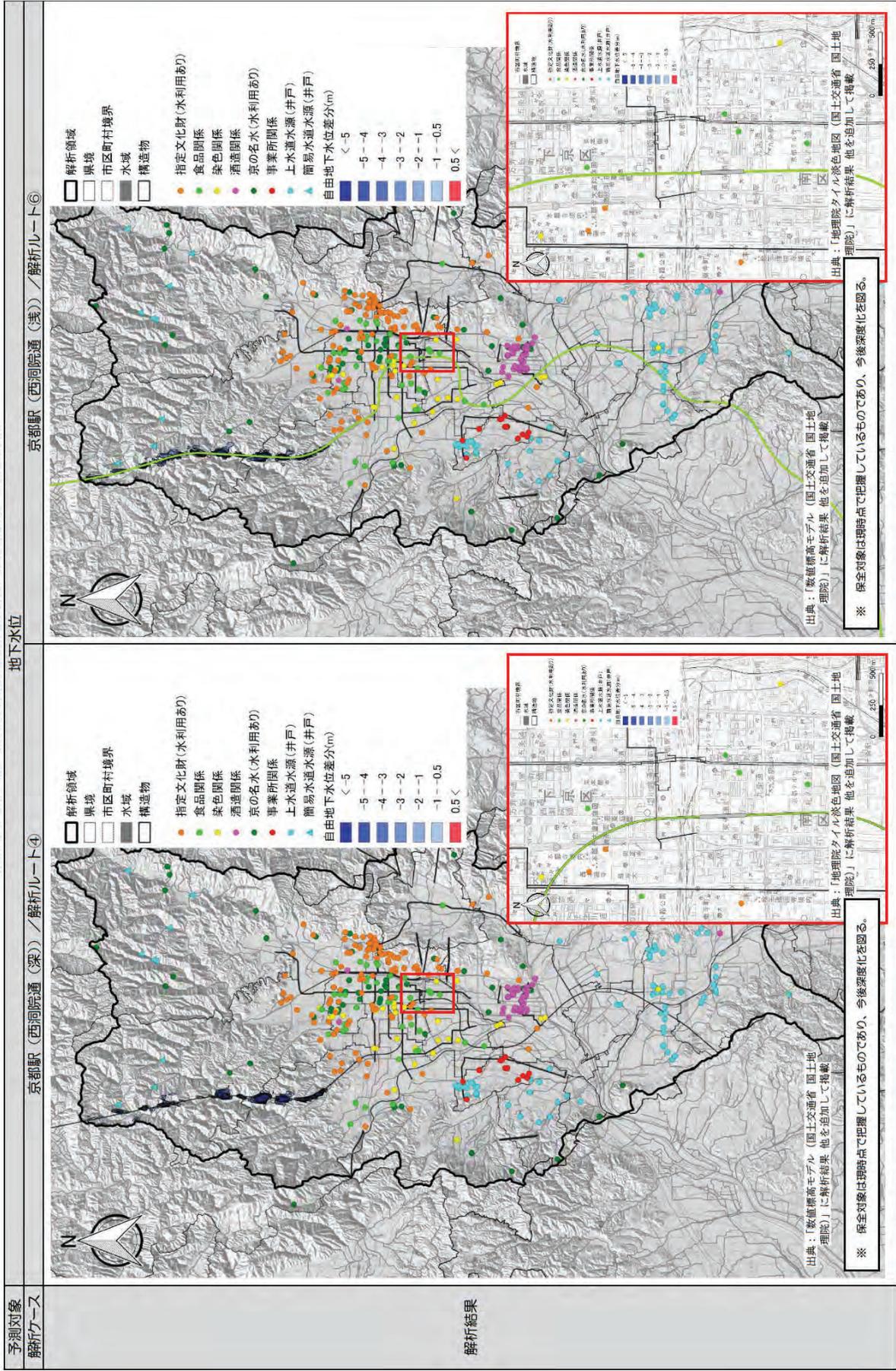


表 2.2.5 (3) 施工後の影響解析結果（京都駅（西河院通）の深淺比較）



## 2.3. 京都駅（桂川案）における影響解析

### 2.3.1. 影響解析対象ルート概要

解析ルート⑦のルート設定については表 2.3.1 に示す考え方のうち赤枠部分に該当する。解析ルート⑦の概要を図 2.3.1 及び図 2.3.2 に示す。

NATM 及びシールドトンネルの解析上のトンネルの高さ・幅、NATM トンネルとシールドトンネルの接合部等に設置される立坑の長さ・幅については、本編と同様に図 2.3.10～図 2.3.11 のとおり設定した。駅部の F.L. と開削深度及び土留壁の根入れ深さについては、図 2.3.12 のとおり設定した。

土留壁の間の掘削底面の地盤改良範囲の透水係数は、本編と同様に Ma 層の透水係数及びセメント系固材材による地盤改良マニュアル（図 2.3.13 参照）を参考に、Ma 層と同じ  $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  に設定した。

表 2.3.1 解析ルートの設定

区 間	解析ルート	西側ルート	東側ルート
京都北部 ～ 京都駅	現地状況	・山地～丘陵地～低地部	
	構造・施工	・NATM トンネル ～シールドトンネル	

区 間	解析駅 設置方向	JR 京都駅周辺			JR 桂川駅周辺
		東西方向	南北方向*	北西 -南東方向	南北方向
京都駅	構造・施工	・京都駅は地下駅 ・開削工法を想定			

区 間	解析ルート	西側ルート	中央ルート	東側ルート
京都駅 ～ 京田辺市 (松井山手駅) 附近	現地状況	・低地部 ・桂川(2 回交差)、 宇治川(1 回交差) ・伏見酒造エリア を西側で平面回 避	・低地部 ・伏見酒造エリア に最も近接	・山地～丘陵地 ～低地部 ・伏見酒造エリア を東側で平面回 避
	構造・施工	・シールドトンネ ル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネ ル ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅	・シールドトンネ ル(市街地・山科益 地) ・宇治川を越えて 明かり区間 ・松井山手駅は地 下駅

※：南北方向については浅深度も検討（ルート⑥）

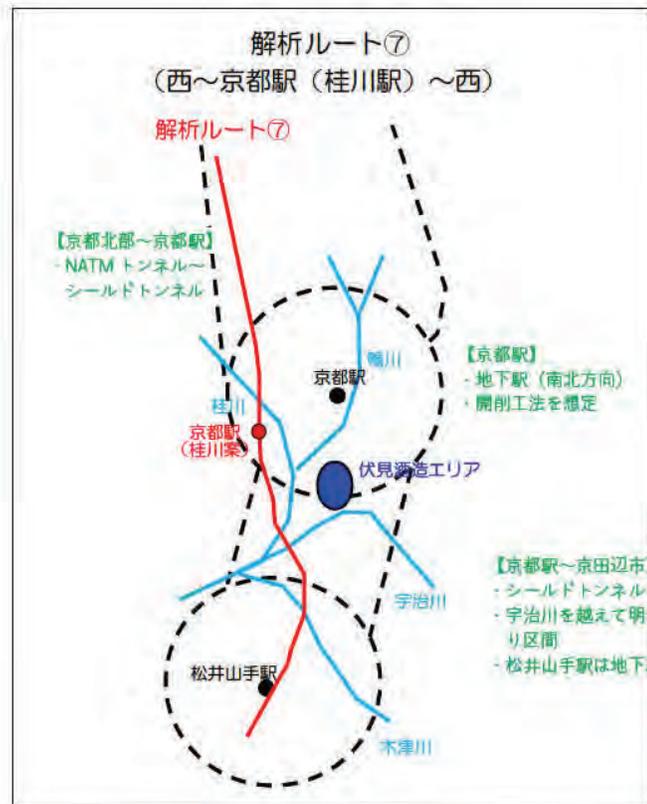
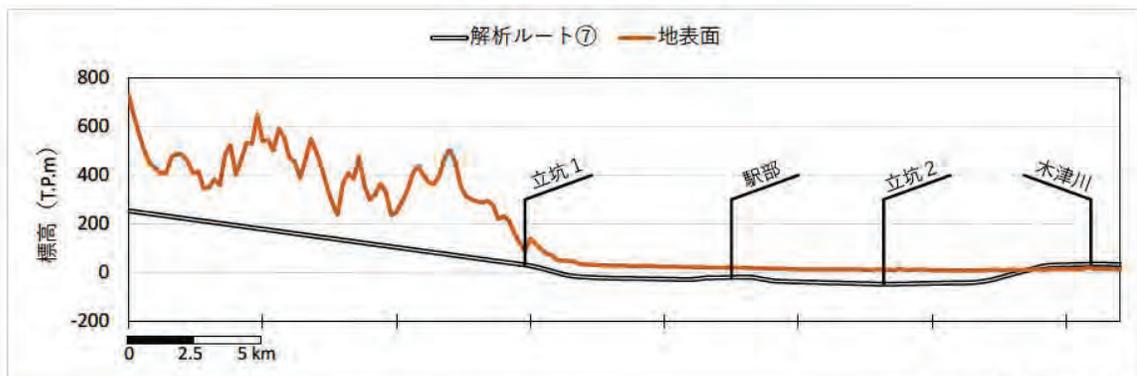


図 2.3.1 影響解析で対象とするルート⑦



※松井山手駅は地下駅

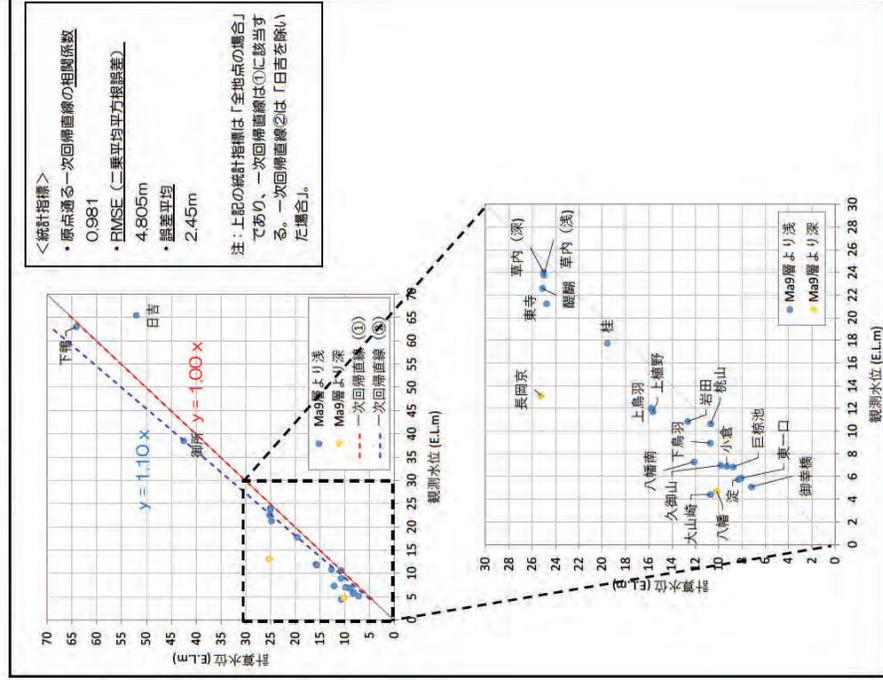
図 2.3.2 解析範囲におけるルート⑦の縦断線形

## 2.3.2. 再現解析結果

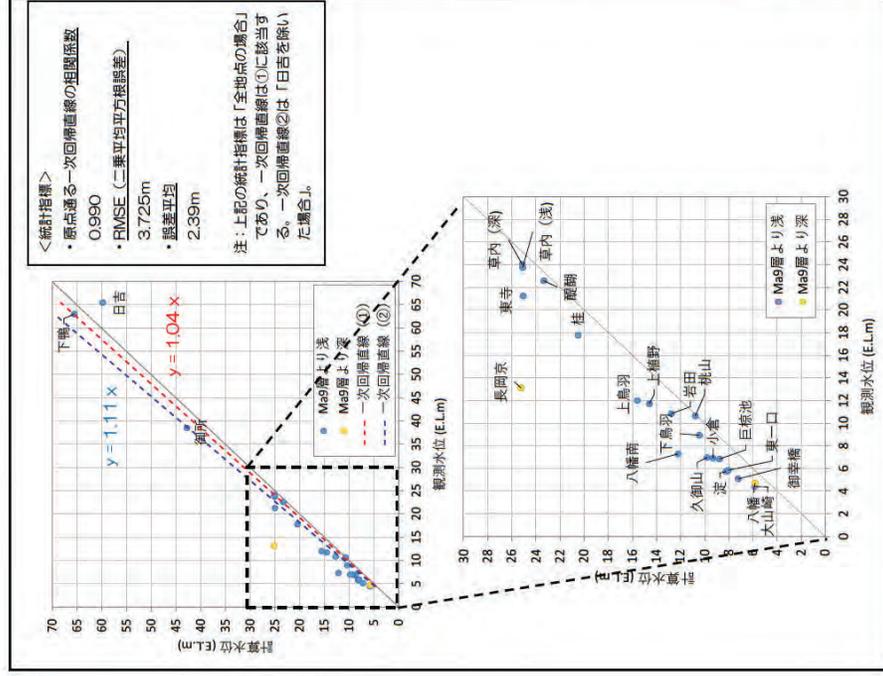
### (1) 地下水位の検証

水循環解析モデルの再現性検証結果を図 2.3.3 に示す。ここで、観測水位は、過去 10 年の地下水位の平均値とした。また、図 2.3.5 には解析ルート⑦（桂川案）モデル計算値による地下水位コンターと既往広域モデル計算値による地下水位コンターを示す。

図 2.3.3 によれば、計算水位は全般に観測水位より高い傾向にあるものの、全地点の RMSE は 4.81m、誤差平均は 2.45m と小さい。また、図 2.3.5 によれば、解析ルート④（桂川案）のモデル計算地下水位分布と既往広域モデルの計算地下水位分布は概ね整合している。



(解析ルート⑦で再構築したモデル)



(既往広域モデル)

図 2.3.3 地下水位観測地点における再現解析結果

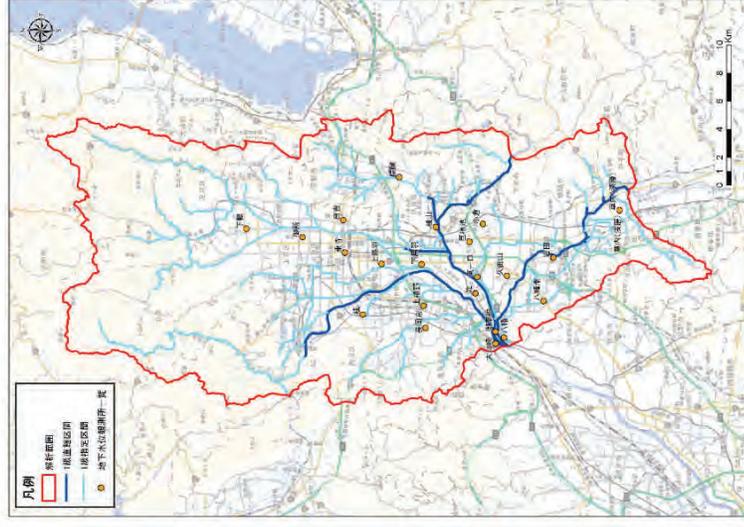
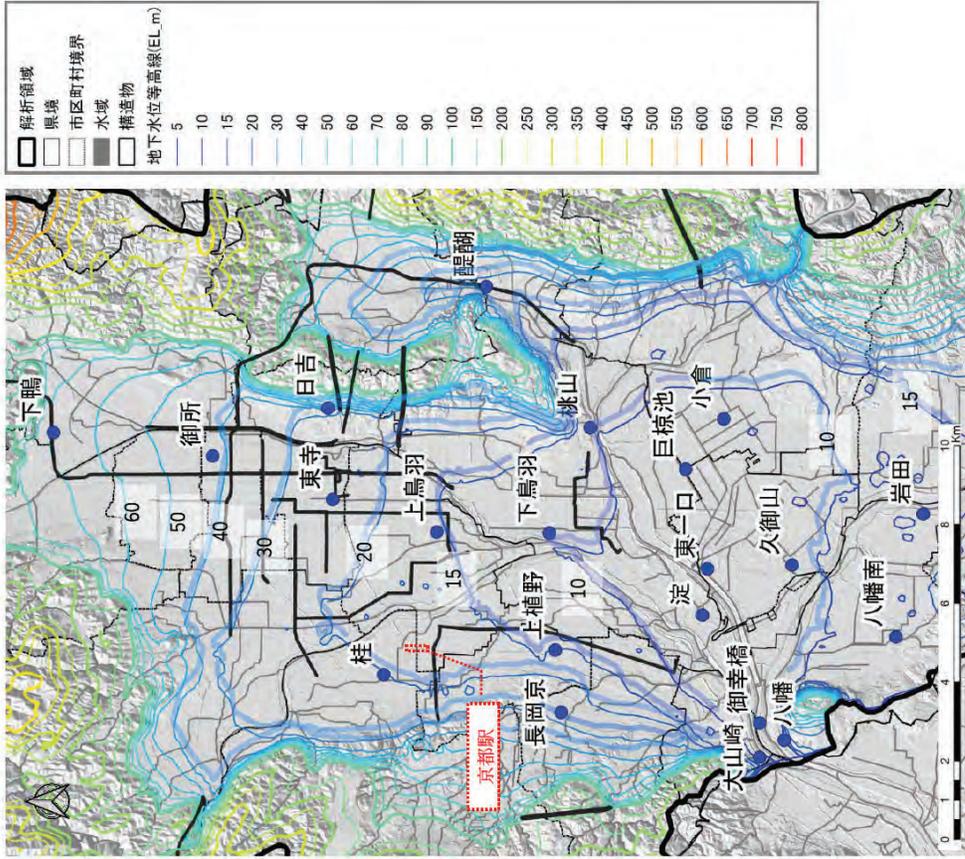
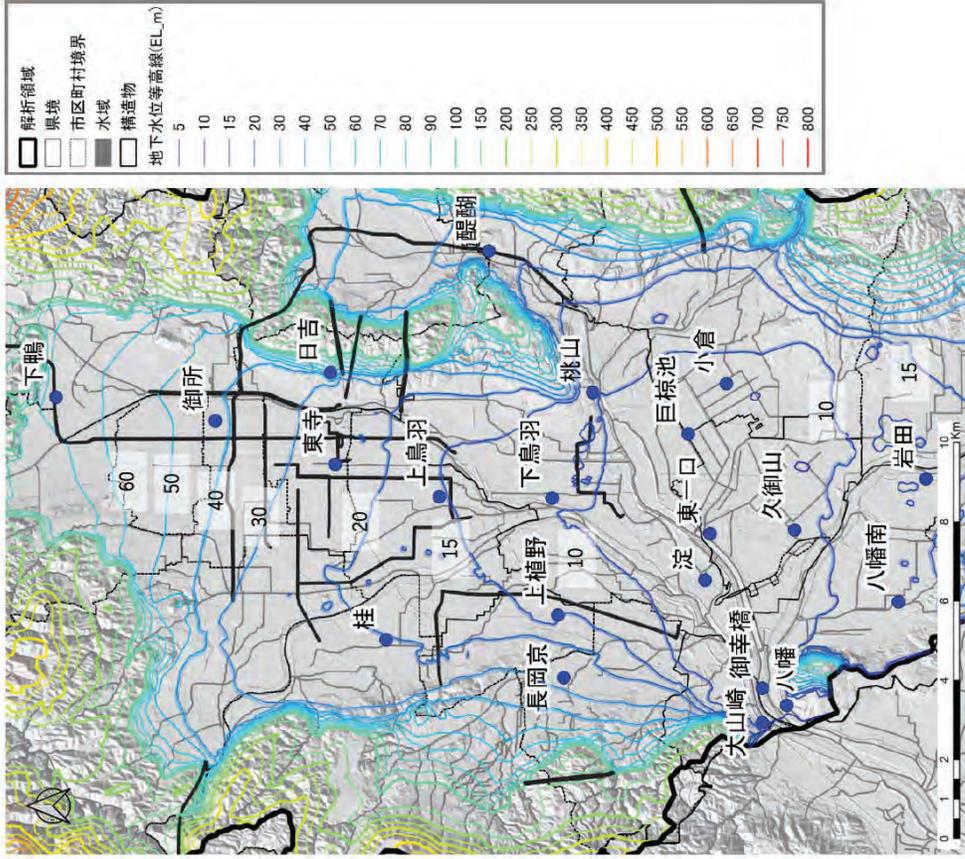


図 2.3.4 再現性の検証地点 (地下水)  
 出典：「地理院タイル淡色地図 (国土交通省 国土地理院)」に地下水位観測所位置、解析範囲 他を追加して掲載



解析ルート①で再構築したモデル

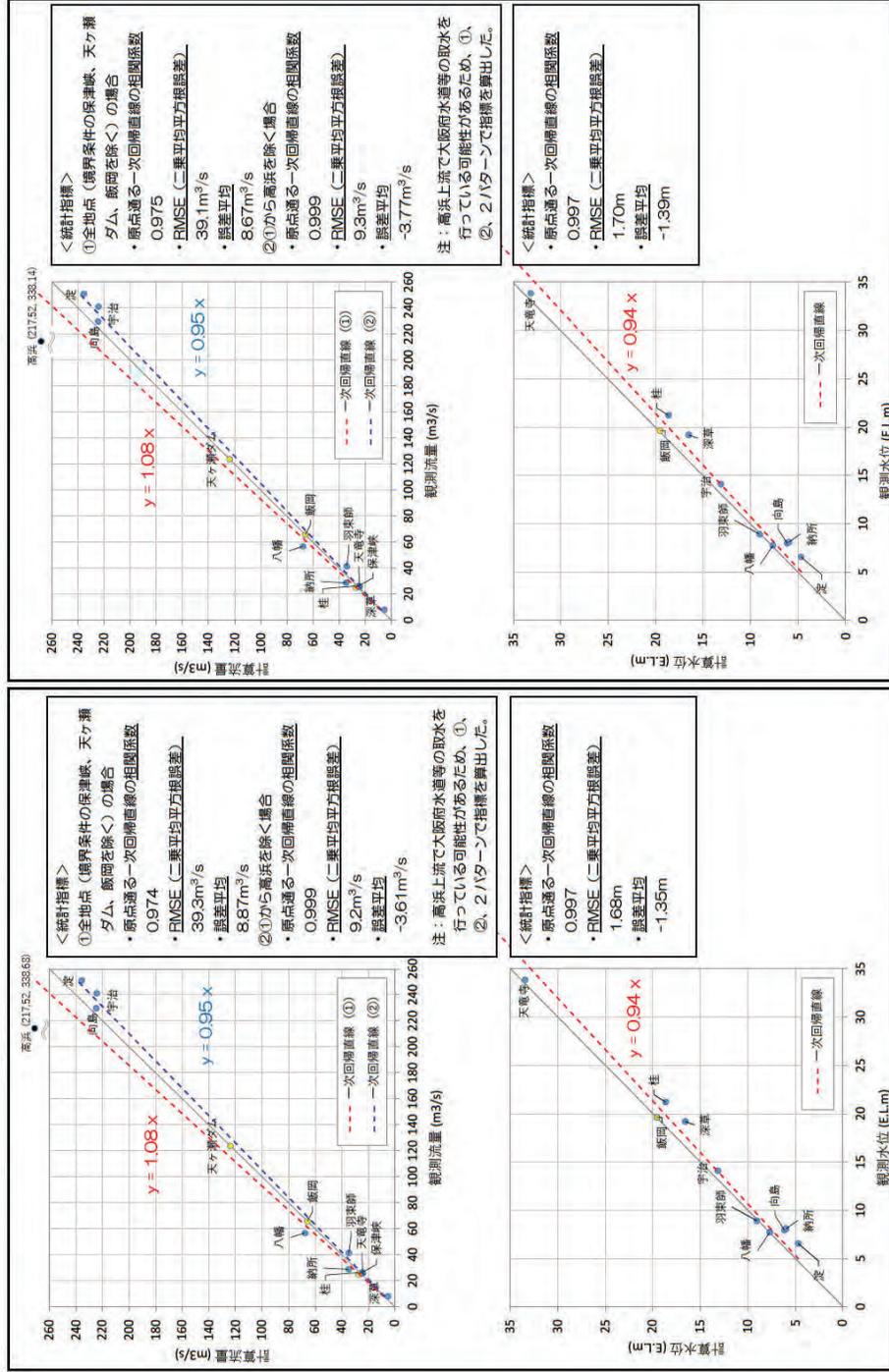


既往広域モデル

図 2.3.5 計算地下水水位分布図 (不圧地下水位) の再現解析結果  
 出典：「数値標高モデル (国土交通省 国土地理院)」に解析結果 他を追加して掲載

(2) 河川流量・水位の検証

水循環解析モデルの再現性検証結果を図 2.3.6 に示す。ここで、観測流量・水位とは、解析年（平水年の 2012 年）の年平均値とした。図 2.3.6 によれば、計算流量の RMSE は全地点で  $39.3\text{m}^3/\text{s}$ 、誤差平均は  $8.87\text{m}^3/\text{s}$  と小さい。なお、解析範囲外で三川合流後の高浜観測所における計算流量は観測流量と乖離している。参考に、下流端の高浜を除く解析範囲内でも誤差平均は  $10\text{m}^3/\text{s}$  の範囲に収まる。計算水位に至っては、その RMSE、誤差平均ともに全地点で  $2\text{m}$  未満に収まっている。



(解析ルート⑦で再構築したモデル)

図 2.3.6 河川流量・水位観測地点における再現解析結果

(既往広域モデル)

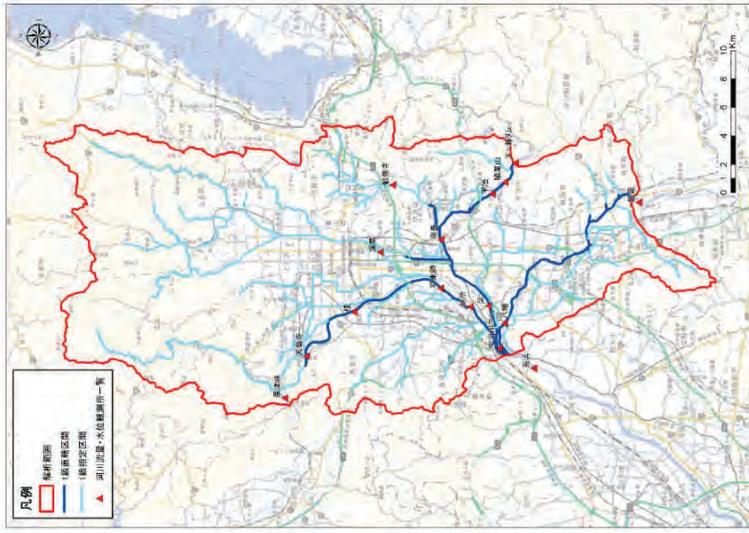


図 2.3.7 再現性の検証地点（河川流量・水位）  
出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に河川流量・水位観測所位置、解析範囲 他を追加して掲載

河川流量の参考検証として、その他の流量観測地点（図 2.3.9）の観測流量と計算流量の比較を図 2.3.8 に示す。河川流量データは、当該事業に係る環境影響評価の一環として実施中の現地調査より、冬季（令和 3 年 2～3 月）と春季（令和 3 年 4 月）の流量観測結果の平均値を利用している。同図によれば、解析結果が概ね山岳区間の河川流量を再現していることが分かる。

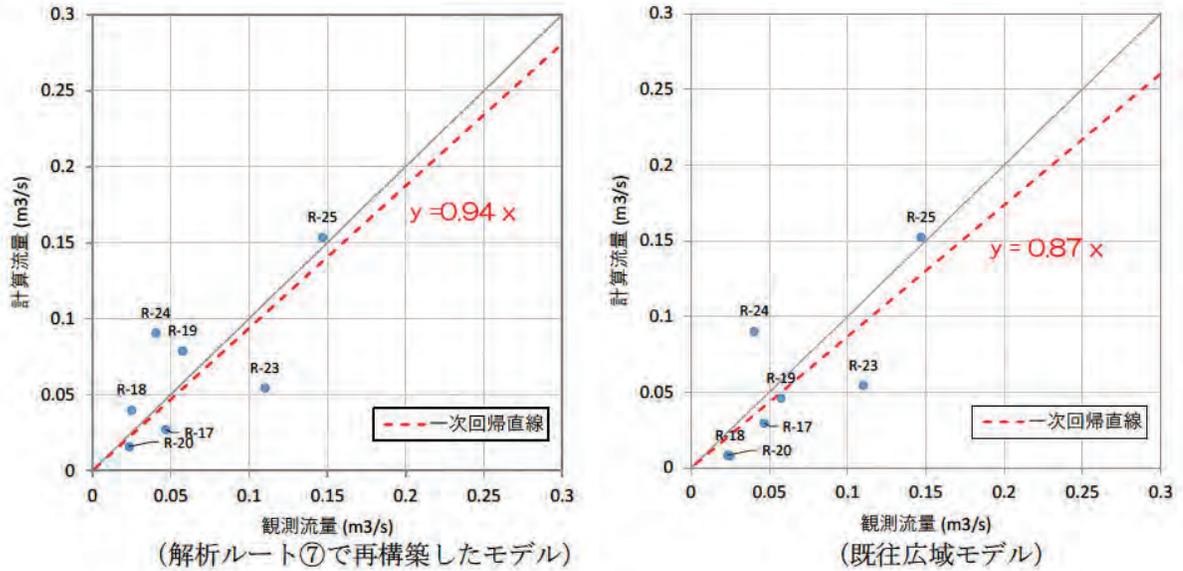


図 2.3.8 その他の河川流量観測地点における再現解析結果

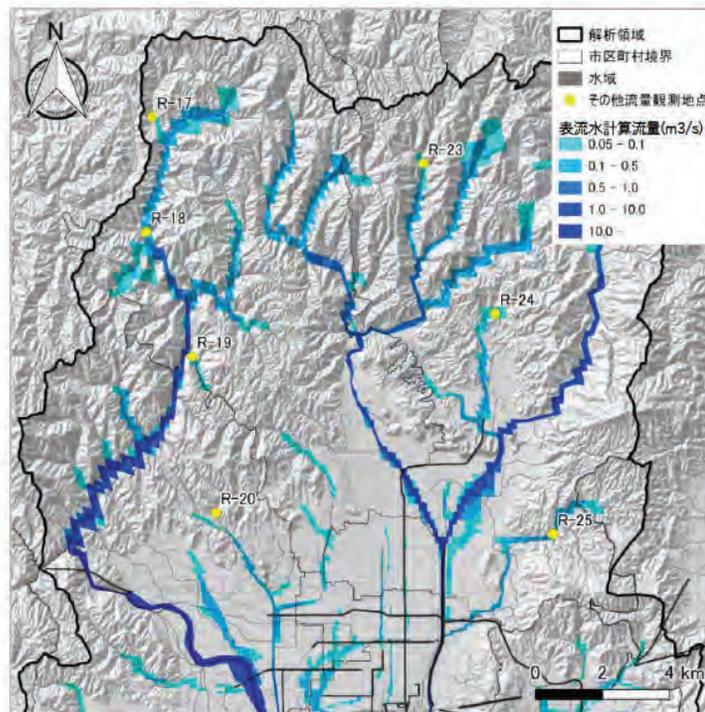


図 2.3.9 計算流量とその他の河川流量観測地点位置図

出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載

### (3) その他事象の検証

水循環解析モデルの再現性検証にあたっては、水循環解析モデルの妥当性を評価するうえで参考となる「既設トンネルのトンネル湧水量」と「水収支」についても確認した。

#### 1) 既設トンネルのトンネル湧水量

表 2.3.2 に既存文献から確認した既設トンネルのトンネル湧水量と計算値との比較を示す。稲荷山トンネルのトンネル湧水量は、トンネル供用後の 2005 年 (H17) 4 月以降に観測されている恒常湧水量であり、本解析の検証値としても十分使えるが、この参考値 250~400L/min に対し、計算値は 373L/min と概ね同様な量となっている。

表 2.3.2 既設トンネル湧水量の参考値と計算値の比較

トンネル	参考値	計算値 (桂川モデル)	計算値 (既往広域モデル)
稲荷山トンネル	250~400L/min* 注) トンネル湧水量をポンプアップ開始後 (2005 年 (H17) 4 月以降)	373L/min	378L/min

※:「京都高速道路建設誌 (阪神高速道路 (株), 2010)」より

#### 2) 水収支

表 2.3.3 に一般的な降水量の水収支と計算値の比較を示す。水収支結果は、日本で一般的に言われている長期的な蒸発散量・直接流出量・地下浸透量の降水量に対する割合と概ね整合した。

表 2.3.3 降水量の水収支の参考値と計算値の比較

一般的な降水量の水収支*		計算値 (桂川モデル) (解析範囲全域)	計算値 (既往広域モデル) (解析範囲全域)
降水量	: 1,800~2,000(mm/年)		
蒸発散量	: 600~700(mm/年) → 33%	蒸発散量 : 32%	蒸発散量 : 32%
直接流出量	: 800~1,000(mm/年) → 46%	直接流出量 : 45%	直接流出量 : 45%
地下水流出量 (地下浸透量)	: 400(mm/年) → 21%	地下浸透量 : 23%	地下浸透量 : 23%

※:「改訂 地下水ハンドブック (改訂 地下水ハンドブック編集委員会, 1998)」より概算

### (4) モデルの再現性に対する評価

再構築した水循環解析モデルと解析に必要な水理定数及びパラメータは、以下の 2 点より、既往広域モデルと同等の再現性が確保されており、北陸新幹線の地下構造物 (シールドトンネル、NATM トンネル、駅部、立坑) の施工中・施工後における地下水・表流水への最大影響を予測するうえで、支障ないと判断した。

- ・「地下水位」に関し、計算水位が観測水位に対してやや高いという課題は残るものの、「河川流量・水位」、「トンネル湧水量」、「降水量の水収支」に関する再現性は良好である。
- ・計算水位が観測水位に対してやや高いことは、施工中の開削部周辺で生じる地下水位低下、施工中・施工後の NATM トンネル区間で生じる地下水位低下と表流水の減濁水などの工事影響に対し、安全側の予測になると考えられる。

### 2.3.3. 影響解析

#### (1) 構造物の解析条件

NATM 及びシールドトンネルの解析上のトンネルの高さ・幅、NATM トンネルとシールドトンネルの接合部等に設置される立坑の長さ・幅については、既往広域モデルと同様に図 2.3.10、図 2.3.11 のとおり設定した。駅部の F.L. と開削深度及び土留壁の根入れ深さについては、図 2.3.12 のとおり設定した。

土留壁の間の掘削底面の地盤改良範囲の透水係数は、本編と同様に Ma 層の透水係数及びセメント系固化材による地盤改良マニュアル（図 2.3.13 参照）を参考に、Ma 層と同じ  $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  に設定した。

また、ボーリングデータと三次元地質モデルの照合を行い、地質および層厚について、概ね合致していることを確認した。

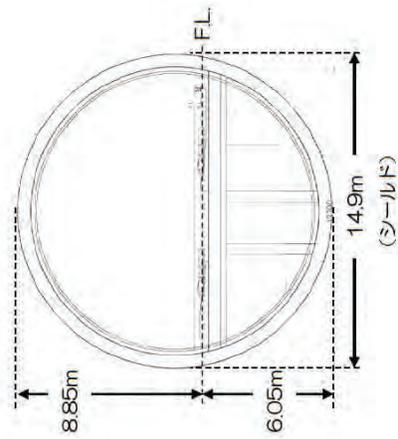
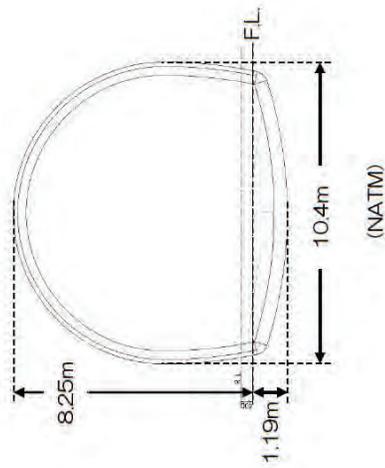


図 2.3.10 トンネル標準断面

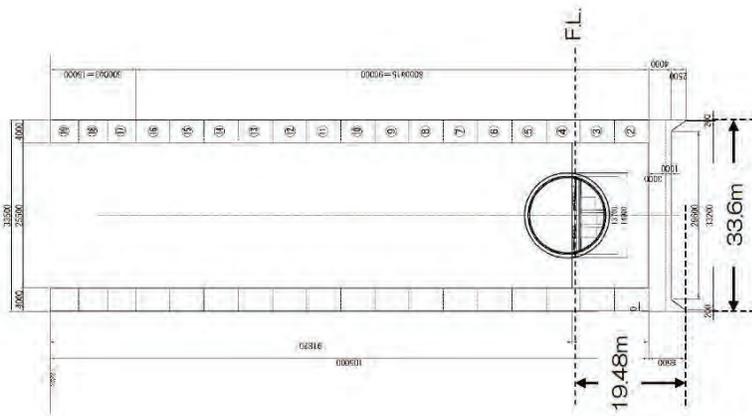


図 2.3.11 立坑の構造

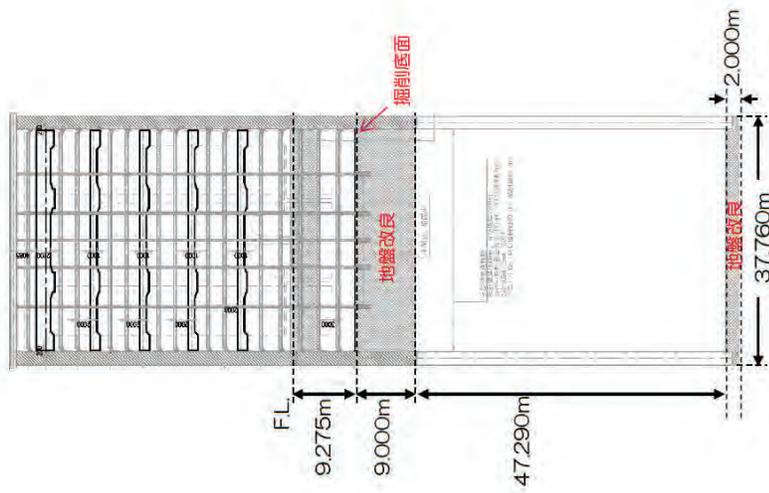


図 2.3.12 駅部の構造

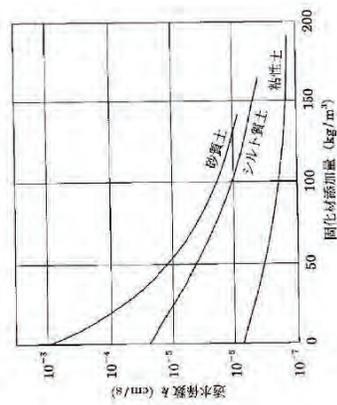


図 2.3.13 固化材添加量と透水係数

出典：「セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版  
(社団法人セメント協会、2003)」

## (2) 影響解析結果

水循環解析モデルによるルート⑦の影響解析結果を表 2.3.6 に、一覧を表 2.3.4 に示す。

表 2.3.4 影響解析結果一覧

区 間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	・ 施工中・後ともに、NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が $-0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度の区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。
京都駅	・ 施工中は駅西側で最大 $+1.0\text{m}$ の地下水位上昇域、駅東側で最大 $-1.0\text{m}$ の地下水位低下域が生じる。施工後も施工中と同様の影響が生じる。
京都駅～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	・ 施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。

## (3) 解析結果に対する留意点

広域解析の水循環解析モデルによる影響解析結果は、地下構造物の配置と地下水流動阻害に関する工学的検討事例<sup>※1,2</sup>から、北陸新幹線の施工に伴う地下水位上昇・低下の傾向を概ね適切に予測できたと言える。

しかし、駅部の工事影響解析結果については、以下の点に留意が必要である。

- 駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること（施工方法に関する課題）
- 本影響解析のために解析ルート⑦（桂川案）に併せてメッシュ分割を変更して再構築した水循環解析モデルは、現況の地下水位や流量について既往水循環解析モデルと同等の再現性を有することを確認しているものの、地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績との比較・検証まで行っていない。このため、既往水循環解析モデルで留意点としたモデル特性に関する課題<sup>※</sup>について解消されたわけではないこと（モデル特性に関する課題）

※地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲が実績（南南西向き）に対して計算値が南向きに広がる点、地下水位低下範囲が実績に対して計算値が小さい点

以上を踏まえ、今後の工事計画段階においては、下表に示すような地下水流動保全工法も含め、より正確な工事影響の予測を行うことが望まれる。

表 2.3.5 地下水流動保全工法の例

工法名	概 要
リチャージ工法	排水工法により揚水した地下水をリチャージウェルより帯水層へ注入する工法
通水盤（管）工法	土留壁上下流の帯水層を通水盤（管）で繋ぎ、下流側の地下水低下を抑制する工法

※1：地下構造物の地下水流動阻害要因について（古本一司・三木博史、2002、基礎工 Vol.30 No.42）

※2：掘削構造物周辺の地下水流動保全に関する研究（大東憲二・植下協・市川悦男、1996、土木学会論文集 No.535

表 2.3.6(1) 影響解析結果（解析ルート⑦：西～京都駅（桂川駅～西）

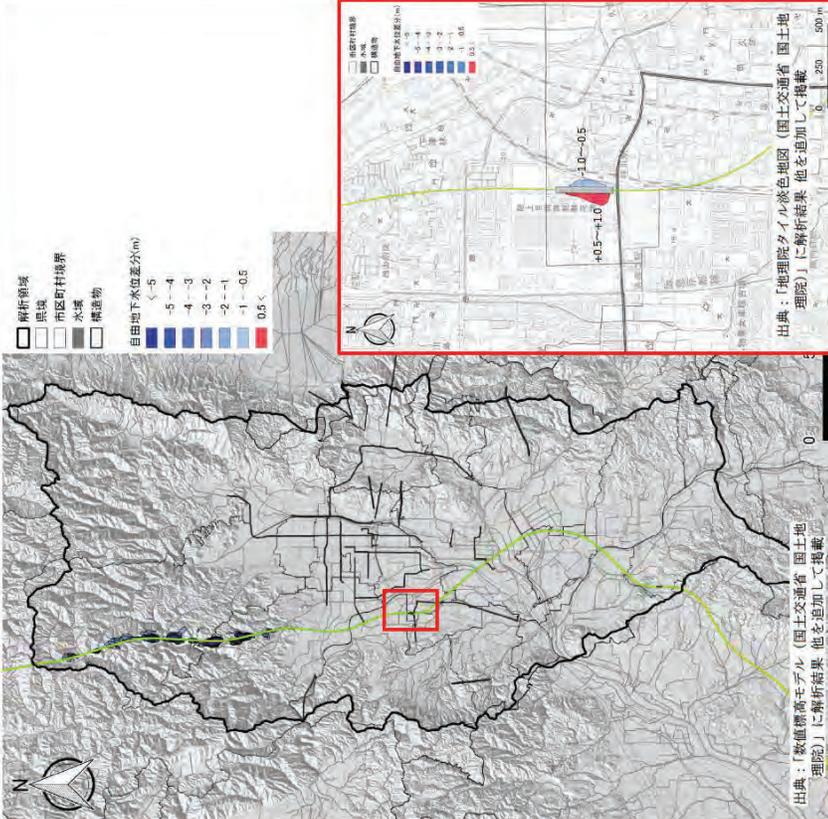
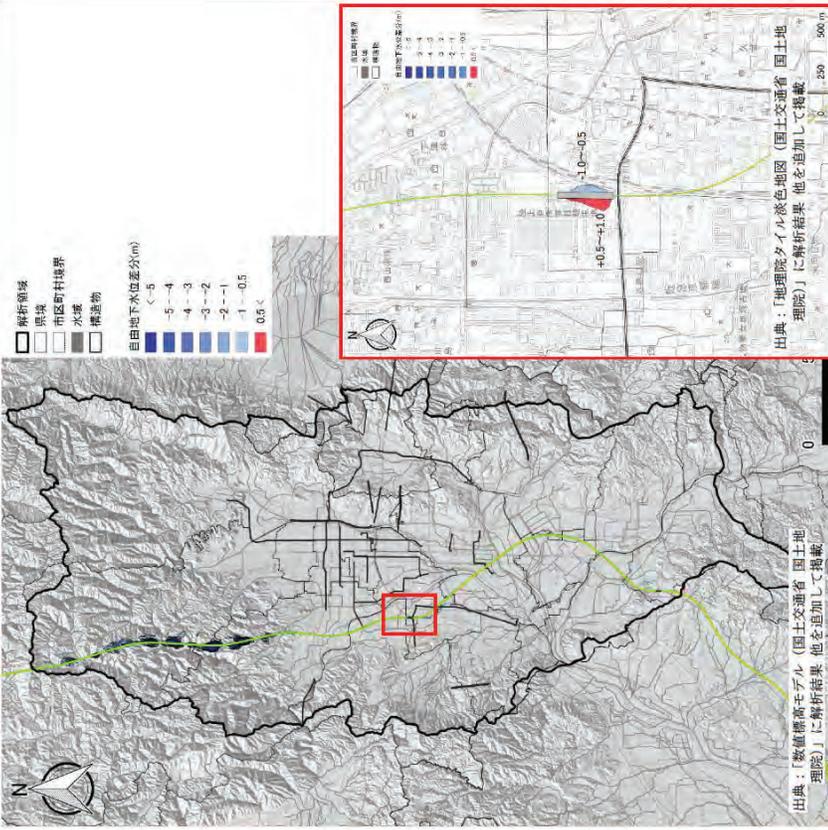
予測対象 予測時期	地下水位	地下水位
<p>解析結果</p>	<p>施工中</p>  <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>	<p>施工後</p>  <p>出典：「数値標高モデル（国土交通省 国土地理院）」に解析結果 他を追加して掲載</p>
	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間</p> <p>立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大36.9m）低下することもある。 駅西側では土留壁による地下水流動阻害が影響し、最大+1.0mに及ぶ地下水位上昇域が生じる。駅東側でも土留壁により最大-1.0mに及ぶ地下水位低下域が現れる。施工後の影響と変わりないことから、開削に伴う地下水位低下の影響はほとんどない。土留壁の先端が粘性土層（Ma5相当層）に達し土留壁内側と外側の砂層のつながりが絶たれたことが主な要因と考えられる。上昇域が南側で大きいのは、駅南側の薄い帯水層と地下構造物（下水道構造物）の存在が地下水流れを阻害したことが主な要因と考えられる。 影響なし。</p>	<p>シールド区間 NATM トンネル区間 駅部（開削）区間</p> <p>立坑部</p> <p>伏見エリア、その他エリアへの影響なし。 京都北部山岳区間（西側）のルート沿いで地下水位低下が生じる。 尾根部の砂岩分布域にて5m以上（最大36.9m）低下することもある。 駅西側では土留壁による地下水流動阻害が影響し、最大+1.0mに及ぶ地下水位上昇域が生じる。駅東側でも土留壁により最大-1.0mに及ぶ地下水位低下域が現れる。上昇域が南側で大きいのは、駅南側の薄い帯水層と地下構造物の存在が地下水流れを阻害したことが主な要因と考えられる。 影響なし。</p>

表 2.3.6(2) 影響解析結果 (解析ルート⑦：西～京都駅 (桂川駅)～西)

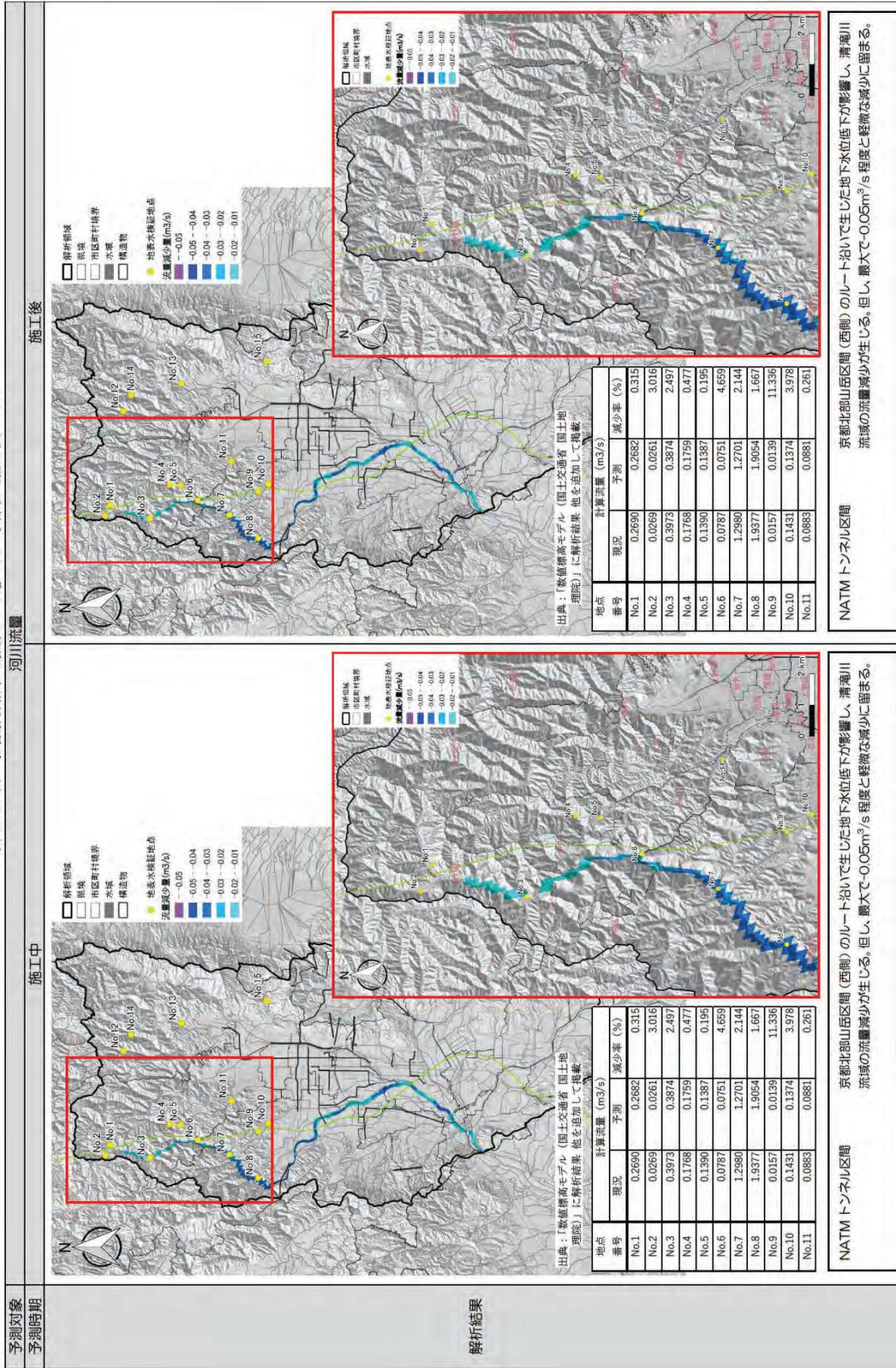
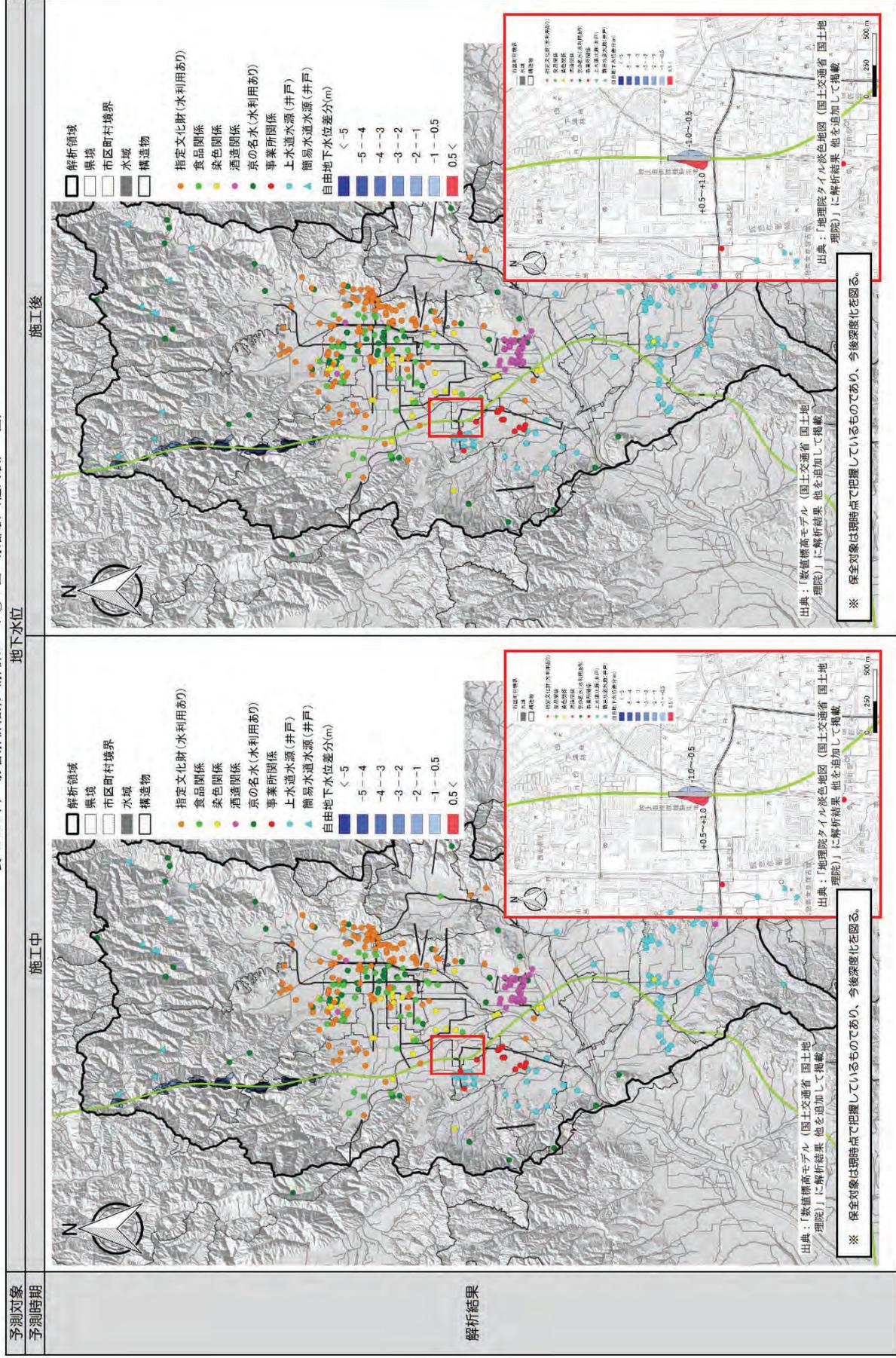


表 2.3.6(3) 影響解析結果 (解析ルート⑦：西～京都駅 (桂川駅)～西)



## 2.4. まとめ

前述までの検討結果に基づき、京都市及びその周辺域を対象とした水循環解析に係る技術的助言を、以下のとおり総括する。

### 2.4.1. 影響予測の手法について

トンネル（都市部、山岳部）、駅部、立坑と多様な地下構造物の施工が想定される京都市及びその周辺域の地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価に際し、影響予測の手法として水循環解析を採用したことは、複数の解析ルートについて地下水及び表流水（河川水）への定量的な影響予測が求められた本検討に対して最適な手法と考えられる。

### 2.4.2. 水循環解析の再現性について

気象、土地利用、利水（地下水揚水、河川取水）、地下構造物、地形・地質（水理地質）に係る既往調査・文献及び統計資料をもとに構築した水循環解析モデルの再現性については、解析範囲内の地下水位、河川流量・水位のみならず、過去の線状構造物（地下鉄東西線京都市役所から烏丸御池駅間）の工事影響実績、既設トンネル（阪神高速 8 号京都線稲荷山トンネル等）のトンネル湧水量、解析範囲全体の水収支と、様々な観点から検証されており、かつ、各々の実測値・実績値・一般値に対し、計算値は概ね一致する。

よって、構築した水循環解析モデルは現況の地下水及び河川流況を適切に再現しており、北陸新幹線で施工する地下構造物が施工中・施工後の地下水・表流水に及ぼす影響を予測するうえで十分なものと考えられる。なお、解析結果を分析する際に 2.3.5 に掲げる留意点を考慮する必要がある。

### 2.4.3. 水循環解析による影響解析結果について

構築した水循環解析モデルを用い、京都市及びその周辺域においては2つの解析ルート(図2.4.1及び表2.4.2参照)を対象とした施工中・施工後の影響解析を行った。影響解析結果より、北陸新幹線で施工する地下構造物が地下水・表流水に及ぼす影響は、表2.4.1のとおりまとめられる。

表 2.4.1 影響解析結果(総括)

区間	影響解析結果
京都北部 ～ 京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、西側ルート of NATM トンネル区間の尾根部で地下水位低下が生じる。また、これにより清滝川水系の河川で流量減少が生じ、清滝川では流量減少が生じる区間もある。しかし、顕著な流量減少が発生する地点はない。シールドトンネル・立坑区間においては、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>
京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 駅位置が京都駅付近の南北配置の場合、施工中は地下水位低下域が生じ、施工後は駅近傍でも地下水位低下・上昇は軽微に留まる。</li> <li>・ 駅位置が桂川駅付近の南北配置の場合、施工中は駅西側で地下水位上昇域、駅東側で地下水位低下域が生じる。施工後も駅西側で地下水位上昇域、駅東側で地下水位低下域が生じる。</li> </ul>
京都駅～ 京田辺市 (松井山手 駅) 附近	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工中・後ともに、すべてのルートのシールドトンネル・立坑区間において、地下水流動阻害に伴う地下水位上昇・低下域は生じない。</li> </ul>

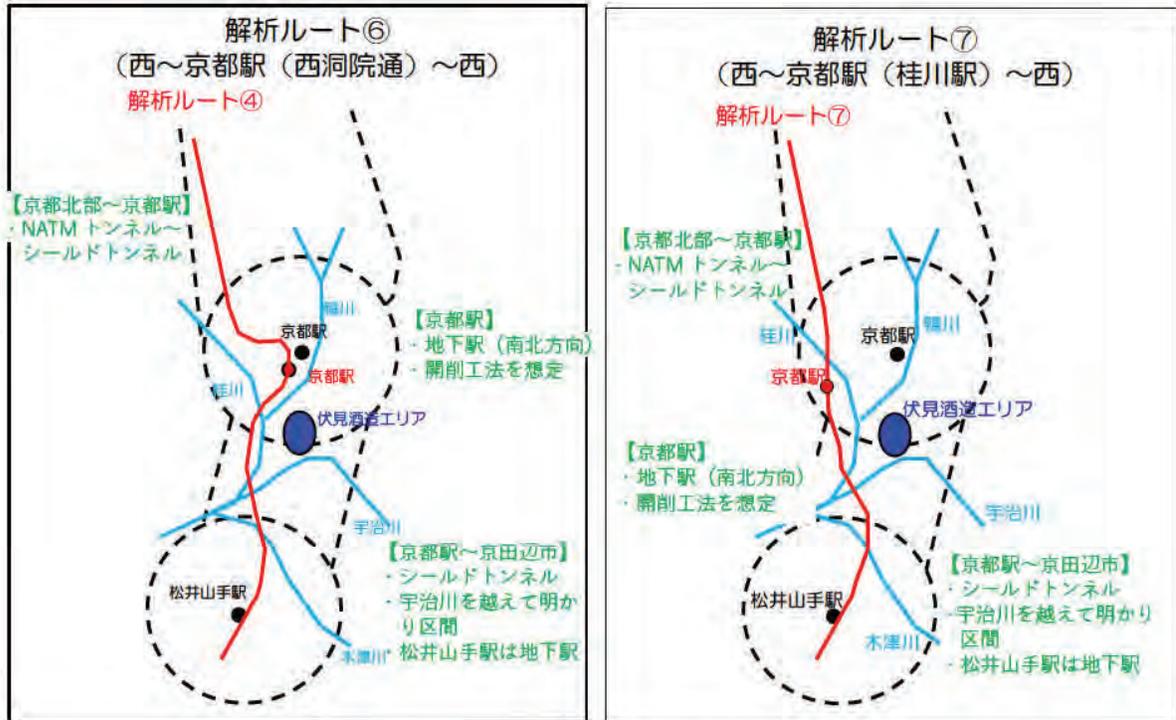
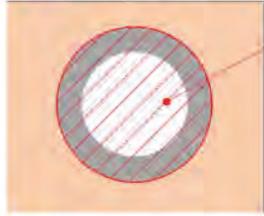
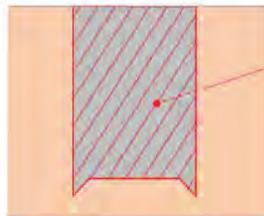
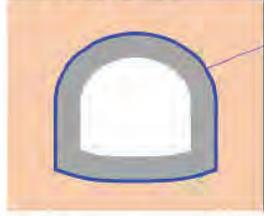
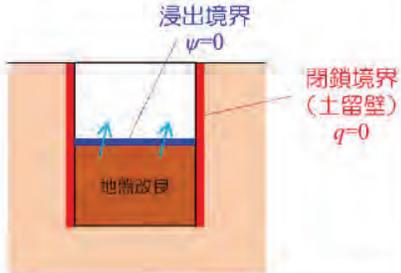
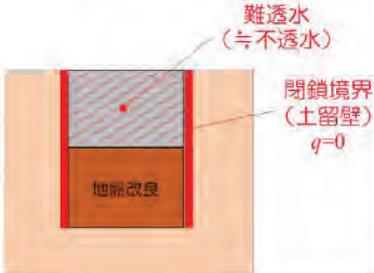


図 2.4.1 影響解析で対象とするルート⑥と⑦

表 2.4.2 影響解析における施工中・後及び工法ごとの地下構造物の取り扱い

地下水影響	区間(工法)	施工中	施工後
流動阻害	シールドトンネル及びNATMトンネル(防水)	<p>予測条件：全区間にシールドトンネル又はNATMトンネル(防水)が存在した状態。 解析設定：シールドトンネルに該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 	
	立坑(ニューマチックケーソン)	<p>予測条件：全深度にケーソン立坑が存在した状態。 解析設定：ケーソン立坑に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 	
地下水位低下	NATMトンネル	<p>予測条件：全区間にNATMトンネルが存在した状態。 解析設定：NATMトンネルに接する計算要素の面を浸出境界(飽和時の節点は大気圧開放状態(圧力水頭<math>\psi=0</math>))に設定。</p> 	
流動阻害および地下水位低下	駅部(開削)	<p>予測条件：土留壁内で掘削底面まで水位低下した状態(ドライアップした状態)。 解析設定：開削区間に接する計算要素の側面を閉鎖(不透水)境界に設定。</p> 	<p>予測条件：土留壁内に構造物が存在した状態。 解析設定：土留壁内の構造物に該当する計算要素(メッシュ)の透水係数をきわめて小さい(不透水に近い)ものに設定。</p> 

#### 2.4.4. 地下水などへの影響評価、影響の回避又は低減に係る評価について

表 2.1-2～表 2.3.4 にまとめたルート⑥（西洞院通（浅）案）及びルート⑦（桂川案）影響解析結果に基づき、京都市及びその周辺地域の地下水などへの影響、影響の回避又は低減について評価すると次のとおりまとめられる。

表 2.4.3 京都市及びその周辺地域の地下水などへの影響評価、影響の回避又は低減に係る評価

区 間	地下水等への影響評価、影響の回避又は低減に係る評価
京都北部 ～ 京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>本解析によれば、施工中・後のいずれにおいても、NATM トンネル区間周辺（西側ルート）の水系で地下水位低下に伴う <math>0.05\text{m}^3/\text{s}</math> 程度の流量減少が生じる結果となった。顕著な流量減少は予測されなかったものの、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。</li> </ul>
京都駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>本解析によれば、施工中、駅位置が南北案・桂川案で、地下水位低下が生じる可能性がある結果となった。地下鉄東西線の京都市役所から烏丸御池駅間の工事で発生した地下水位低下<sup>※1</sup>への苦情<sup>※2</sup>から推定すると、概ね本解析上で 1m の地下水位低下、上昇の範囲において、浅井戸の地下水利用に影響が出る可能性がある。このため、地下鉄東西線工事影響実績と本解析での影響解析結果を踏まえ、本解析上で 1m 以上の地下水位低下、上昇が予測された範囲内では、地下水利用状況を十分に把握する等、配慮が必要である。</li> <li>本解析によれば、施工後、駅位置が桂川案の場合については、地下水位低下が生じる可能性がある結果となった。駅位置が南北案の場合については、駅近傍でも地下水位低下は軽微に留まる結果となった。地下鉄東西線工事の影響実績と本解析での影響解析結果を踏まえ、施工中に本解析上で 1m 以上の地下水位低下、上昇が予測された範囲内では、施工後においても、地下水利用状況を十分に把握する等、配慮が必要である。</li> <li>地下水流動保全工法として、施工中のリチャージ工法や施工後の通水盤（管）工法も含めて、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。</li> </ul>

※1：地下鉄東西線工事影響実績によると施工後（H9.5）の 1m 以上の水位低下範囲は工事区間から約 1km 先（四条通付近）まで及んでおり（参考 1）、この付近まで被害報告が多かった状況が知られている（参考 2）。

参考 1：東西線地下水位観測業務委託（その 8）観測業務（その 1～その 8）総合解析 報告書（京都市交通局・（株）甲田工業所）

参考 2：朝日新聞大阪版（H5.12.11）お騒がせ、京都の地下鉄工事 水脈分断で浸水、井戸枯れ

※2：中京区烏丸通蛸薬師下ル「八坂神社御手洗井」が干上がり被害が生じた（参考 3）。この井戸は地下鉄東西線工事の地下水位低下範囲に含まれている。

参考 3：朝日新聞大阪版（H5.12.11）「京の味」に冷や水 井戸枯れで豆腐屋さん、漬物店ピンチ

## 2.4.5. 解析結果に対する留意点について

本委員会で得られた検討結果は、以下のことを踏まえて本事業に資することが望まれる。特に構築した水循環解析モデルは、再現解析において実測値・実績値・一般値を概ね再現したものの、下記に示す項目に留意する必要がある。また、水理定数の設定等も含め、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。(下線は「Ⅰ 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討」からの追加事項)

### (再現解析)

- ・地下水位の実測値に対し、計算値がやや高い傾向があること
- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がること<sup>※1</sup>

※1：当該工事区間の広域的な水理地質、統計情報の区分地区ごとの地下水揚水等の実態を反映し、水循環解析モデルに適用したためと考えられる。

- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲は小さい傾向があること<sup>※2</sup>

※2：施工中は比較対象である施工前に比べ降水量が少なかったが水循環解析では過去十年の平均雨量で解析していること、施工中に実施されたディープウェルを、解析では一定の推定に基づき本数、間隔等を設定していることが主な要因と推定される。

- ・解析ルート⑦(桂川案)については、本影響解析に併せてメッシュ分割を変更して再構築した水循環解析モデルであり、現況の地下水位や流量について既往水循環解析モデルと同等の再現性を有することを確認しているものの、地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績との比較・検証まで行っていない。このため、既往水循環解析モデルで留意点としたモデル特性に関する課題(上記2.3点目)について解消されたわけではないこと

- ・宇治川の3つの流量観測所(淀、向島、宇治)の計算流量が観測流量より100~120m<sup>3</sup>/s程度少ない傾向があること<sup>※3</sup>

※3：このために、宇治川上流端の既知河川流量境界には、境界値を増やした場合の地下水位への影響を確認した上で、天ヶ瀬ダムの放流量に100m<sup>3</sup>/sを加味したものを設定している。

### (影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること

### 3. 解析結果に対する留意点について

本委員会で得られた検討結果は、以下のことを踏まえて本事業に資することが望まれる。特に構築した水循環解析モデルは、再現解析において実測値・実績値・一般値を概ね再現したものの、下記に示す項目に留意する必要がある。また、水理定数の設定等も含め、今後の事業計画の深度化に伴い詳細な検討を行う必要がある。(下線は「I 三次元水循環解析モデルの構築と予備的検討」からの追加事項)

#### ■京都市及びその周辺域

##### (再現解析)

- ・地下水位の実測値に対し、計算値がやや高い傾向があること
- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績は南南西向きに広がるのに対し、計算値は南向きに広がること<sup>※1</sup>

※1：当該工事区間の広域的な水理地質、統計情報の区分地区ごとの地下水揚水等の実態を反映し、水循環解析モデルに適用したためと考えられる。

- ・地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績に対し、計算値の地下水位低下範囲は小さい傾向があること<sup>※2</sup>

※2：施工中は比較対象である施工前に比べ降水量が少なかったが水循環解析では過去十年の平均雨量で解析していること、施工中に実施されたディープウェルを、解析では一定の推定に基づき本数、間隔等を設定していることが主な要因と推定される。

- ・解析ルート⑦(桂川案)については、本影響解析に併せてメッシュ分割を変更して再構築した水循環解析モデルであり、現況の地下水位や流量について既往水循環解析モデルと同等の再現性を有することを確認しているものの、地下鉄東西線工事に伴う地下水位低下範囲の実績との比較・検証まで行っていない。このため、既往水循環解析モデルで留意点としたモデル特性に関する課題(上記2.3点目)について解消されたわけではないこと

- ・宇治川の3つの流量観測所(淀、向島、宇治)の計算流量が観測流量より100~120m<sup>3</sup>/s程度少ない傾向があること<sup>※3</sup>

※3：このために、宇治川上流端の既知河川流量境界には、境界値を増やした場合の地下水位への影響を確認した上で、天ヶ瀬ダムの放流量に100m<sup>3</sup>/sを加味したものを設定している。

##### (影響解析)

- ・前述に示すような留意点を含んだ水循環解析モデルにより得られたものであること
- ・駅部をすべて開削区間としていることから、地下水に対して影響が大きくなる条件で解析していること

【Ⅱ ルート検討結果を用いた三次元水循環影響解析 参考資料】

1. 京都駅付近三次元地質モデル断面図

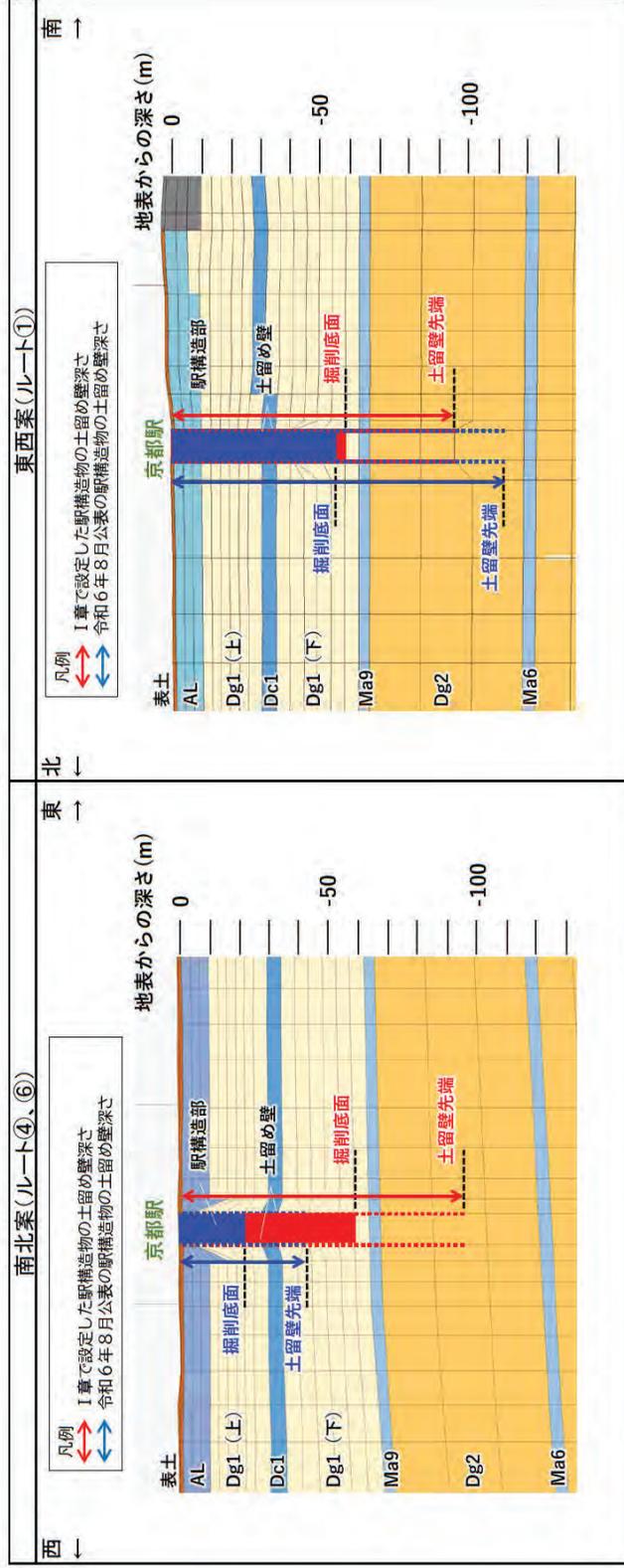


図 1-1 京都駅付近三次元地質モデル断面図

## 2. 京都駅（桂川案）駅周辺の断面図

三次元地質モデルへの駅部の設定イメージを、図 2-1 に示す。南北断面を見ると駅北側と南側で層厚に差があり、駅南側の Dg1（下）層には既設の地下構造物（下水道構造物）が存在する。また、土留壁の先端は粘性土層（Ma5 相当層）にまで達する。

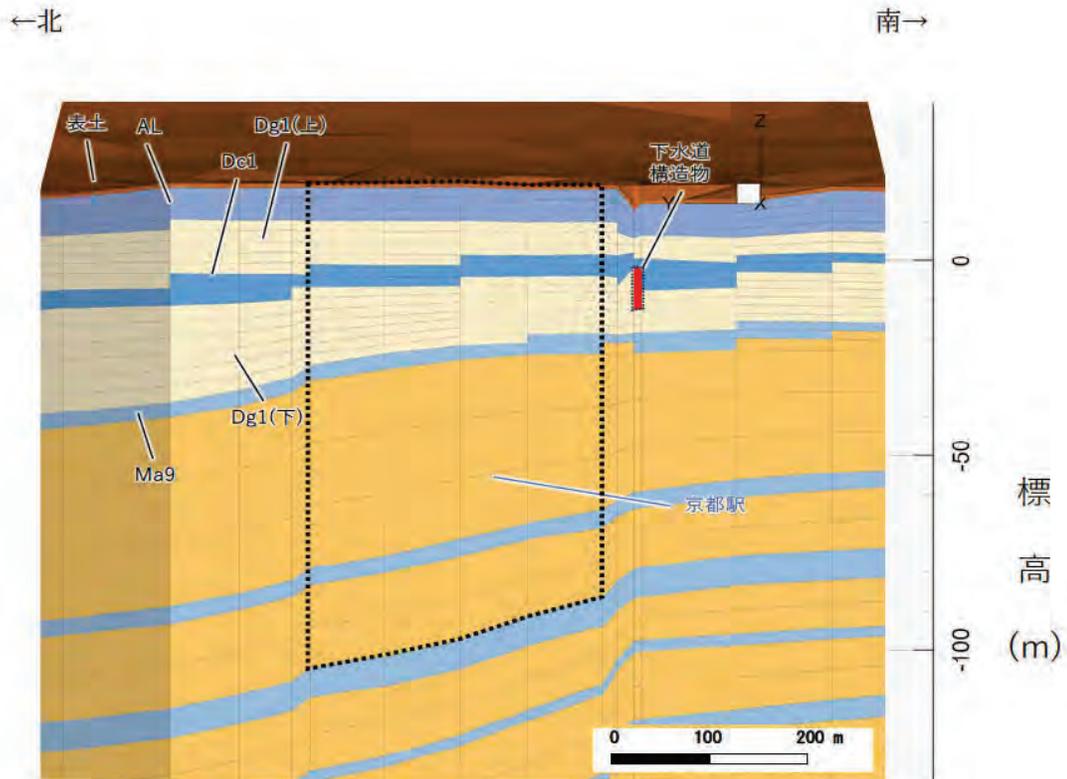


図 2-1 駅部（ルート⑦）の三次元地質モデル

3. 京都駅（桂川案）の流跡線解析結果

表 3-1(1) 影響解析結果（解析ルート⑦：西～京都駅（桂川駅）～西）  
流跡線（Dg1（上）層/Dg1（下）層）

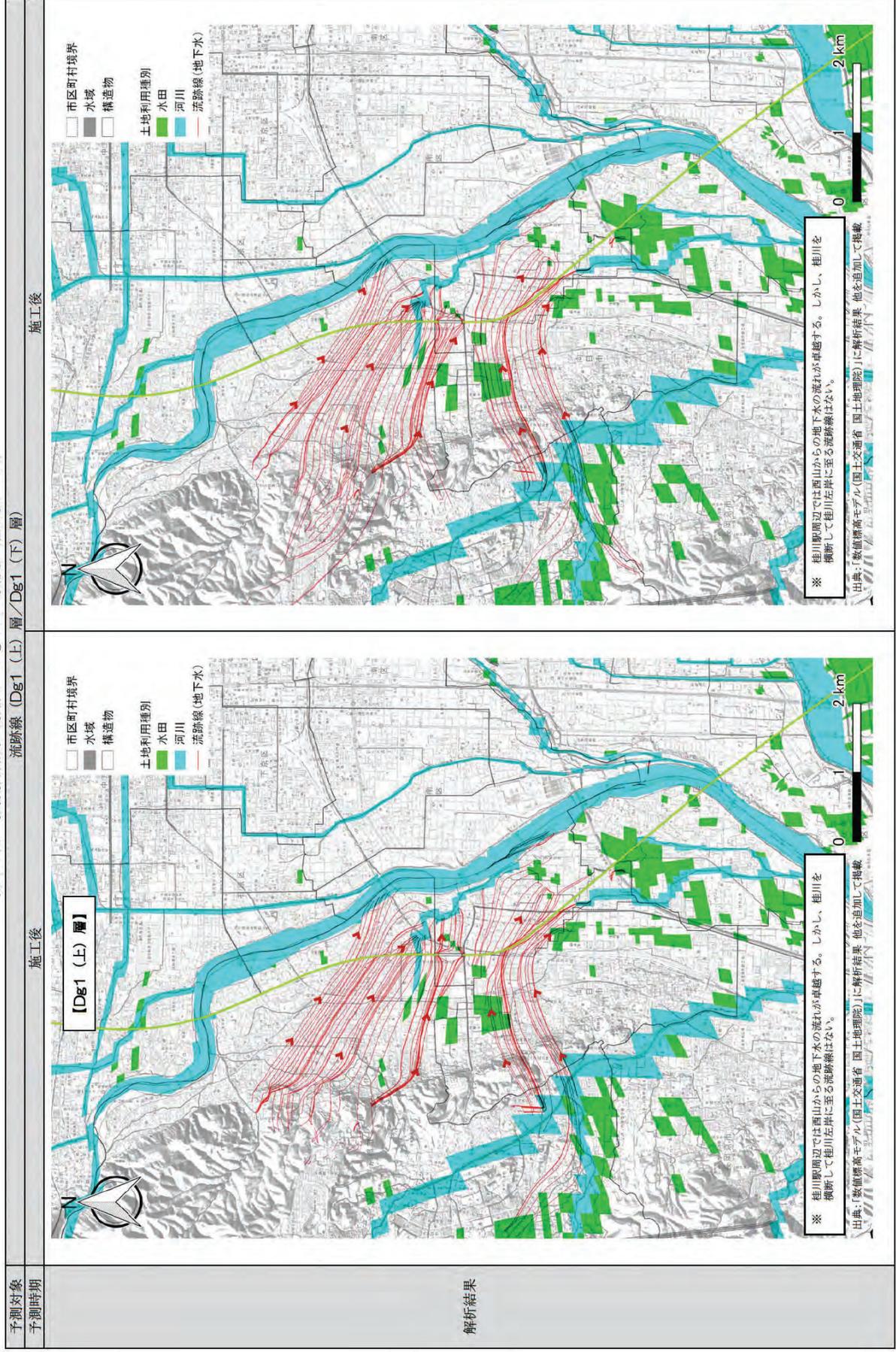


表 3-1(2) 影響解析結果（解析ルート⑦：西～京都駅（桂川駅）～西）

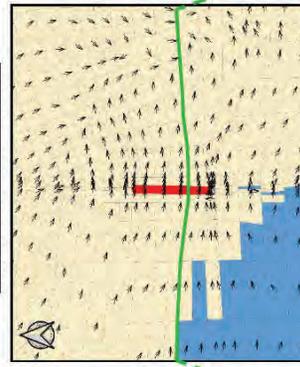
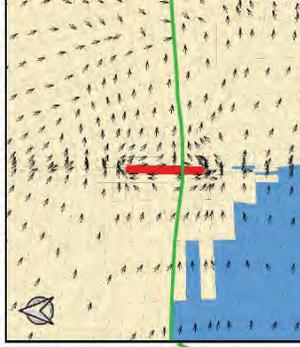
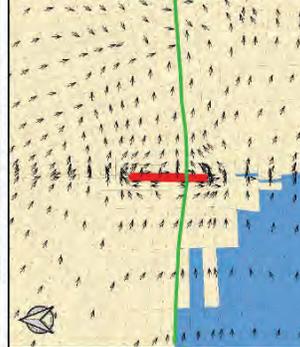
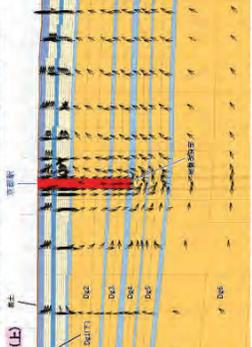
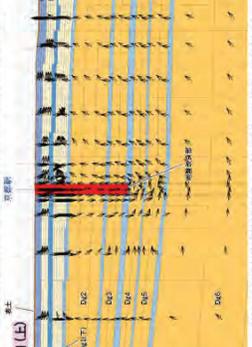
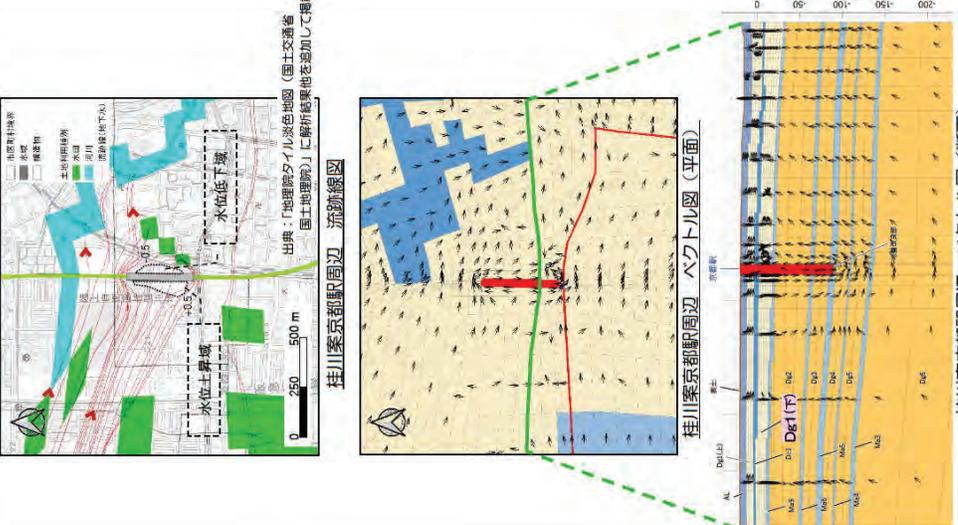
予測対象 予測時期	現況	施工中	施工後
<p>解析結果</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流线线图</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流线线图</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流线线图</p> <p>出典：「地理院タイル彩色地図（国土交通省 国土地理院）」に解析結果を追加して掲載</p>
	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（平面）</p>	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（平面）</p>	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（平面）</p>
	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（断面）</p>	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（断面）</p>	 <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図（断面）</p>
	<p>注 1：「現況」の駅やルートは施工中・後の予定位置を表し、解析時は自然地盤を仮定している。</p> <p>注 2：流线线图について、流线线が描画されていない範囲にも地下水の流れは存在している。</p> <p>注 3：流线线图着色部（水田）については、過年度の周辺地権委員会と同様に、平成 28 年版土地利用情報メッシュ（国土省国土数値情報 DL サービス）」に基づき土地利用状況を判別し、単位面積あたりの地下水降水量 3.37mm/日 を定めている。</p> <p>注 4：ベクトル図に示す矢印は流向のみを表す。</p> <p>注 5：Dg1(L) は代表としてモデル第 9 層の流向を示している。</p>	<p>シールド区間 駅部（開削）区間</p> <p>地下水の流向を変えるような影響なし。 土留壁による地下水流動阻害が生じ、駅部を西から東に向かう地下水の流れが、施工中には駅部北端・南端に分かれて迂回する。現況の流线线や矢印による水位上昇域が南側で広く傾いた要因のひとつと考えられる。</p>	<p>シールド区間 駅部（開削）区間</p> <p>地下水の流向を変えるような影響なし。 残置する土留壁とその間の駅体及び地盤改良部による地下水流動阻害が生じ、駅部を西から東に向かう地下水の流れが、施工後は駅部北端・南端に分かれて迂回する。現況の流线线や矢印によれば、駅南端でやや北向きの流れがある。駅西側の水位上昇域が南側で広く傾いた要因のひとつと考えられる。</p>

表 3-1(3) 影響解析結果 (解析ルート⑦: 西～京都駅 (桂川駅) ~西)

予測対象 予測時期	現況	施工中	施工後
<p>解析結果</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流跡線図</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (平面)</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (断面)</p> <p>注 1: 「現況」の駅やルートは施工中・後の予定位置を表し、解析時は自然地盤を想定している。            注 2: 流跡線図について、流跡線が描画されていない範囲にも地下水の流れは存在している。            注 3: 流跡線図着色部 (水田) については、過年度の周辺域委員会と同様に、平成 28 年版土地利用計画メッシュ (国土省国土数値情報 DL サービス) に基づく土地利用状況を判別し、単位面積あたりの地下水揚水量 3.37mm/日 を定めている。            注 4: ベクトル図に赤字矢印は流向のみを示す。            注 5: Dg1 (下) は代表としてモジュール 14 層の流向を図示している。</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流跡線図</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (平面)</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (断面)</p> <p>注 1: 「現況」の駅やルートは施工中・後の予定位置を表し、解析時は自然地盤を想定している。            注 2: 流跡線図について、流跡線が描画されていない範囲にも地下水の流れは存在している。            注 3: 流跡線図着色部 (水田) については、過年度の周辺域委員会と同様に、平成 28 年版土地利用計画メッシュ (国土省国土数値情報 DL サービス) に基づく土地利用状況を判別し、単位面積あたりの地下水揚水量 3.37mm/日 を定めている。            注 4: ベクトル図に赤字矢印は流向のみを示す。            注 5: Dg1 (下) は代表としてモジュール 14 層の流向を図示している。</p>	 <p>桂川京都駅周辺 流跡線図</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (平面)</p> <p>桂川京都駅周辺 ベクトル図 (断面)</p> <p>注 1: 「現況」の駅やルートは施工中・後の予定位置を表し、解析時は自然地盤を想定している。            注 2: 流跡線図について、流跡線が描画されていない範囲にも地下水の流れは存在している。            注 3: 流跡線図着色部 (水田) については、過年度の周辺域委員会と同様に、平成 28 年版土地利用計画メッシュ (国土省国土数値情報 DL サービス) に基づく土地利用状況を判別し、単位面積あたりの地下水揚水量 3.37mm/日 を定めている。            注 4: ベクトル図に赤字矢印は流向のみを示す。            注 5: Dg1 (下) は代表としてモジュール 14 層の流向を図示している。</p>

#### 4. 京都盆地地域の流跡線解析結果

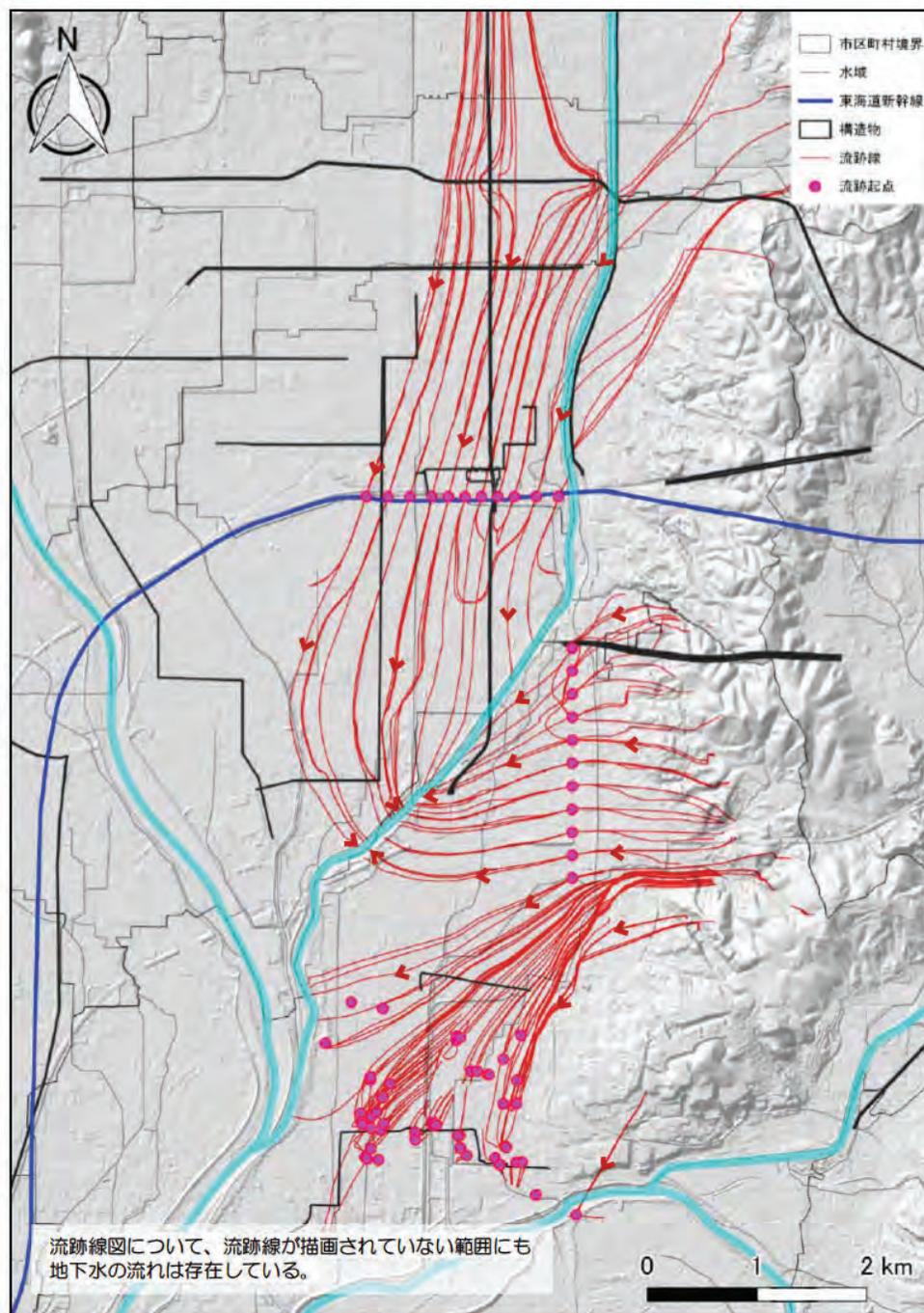


図 4-1 京都駅付近、鴨川左岸付近、伏見酒造エリア付近の流跡線解析結果